

ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА

Показатели выброса крови

Ударный объем (систолический)	около 70 мл
Минутный объем (МОК)	около 4,5–5 л
Частота сердечных сокращений	около 70 мин ⁻¹
Конечный систолический объем	около 60 мл
Конечный диастолический объем	около 140 мл
Сердечный индекс (МОК : 1,76 м ²)	2,84 л/м ²
Индекс кровообращения (МОК : 70 кг)	около 70 мл/кг

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЦА

Сердечный цикл

совокупность электрических, механических и биохимических процессов, происходящих в сердце в течение одного полного цикла сокращения и расслабления

Общая длительность сердечного цикла- 0,8 с.

систола предсердий - 0,1 с.

систола желудочков - 0,3 с.

общая пауза сердца - 0,4 с.

Фазы сердечного цикла

систола желудочков 0,33 с.

период напряжения 0,08 с.

фаза асинхронного сокращения 0,05 с.

фаза изометрического (изовольюмического) сокращения 0,03 с.

период изгнания 0,25 с

фаза быстрого изгнания крови 0,12 с.
(максимального изгнания крови)

фаза медленного изгнания крови 0,13 с.
(редуцированного изгнания крови)

диастола желудочков 0,47 с

период протодиастолический 0,04 с.
(от начала расслабления желуд. до захлоп. полулун. клапанов)

период изометрического (изовольюмического) расслабления 0,08 с.
(от нач. закр. полулун. клап. до открыт. атриовентрик. кл.).

период наполнения кровью желуд. 0,25 с.

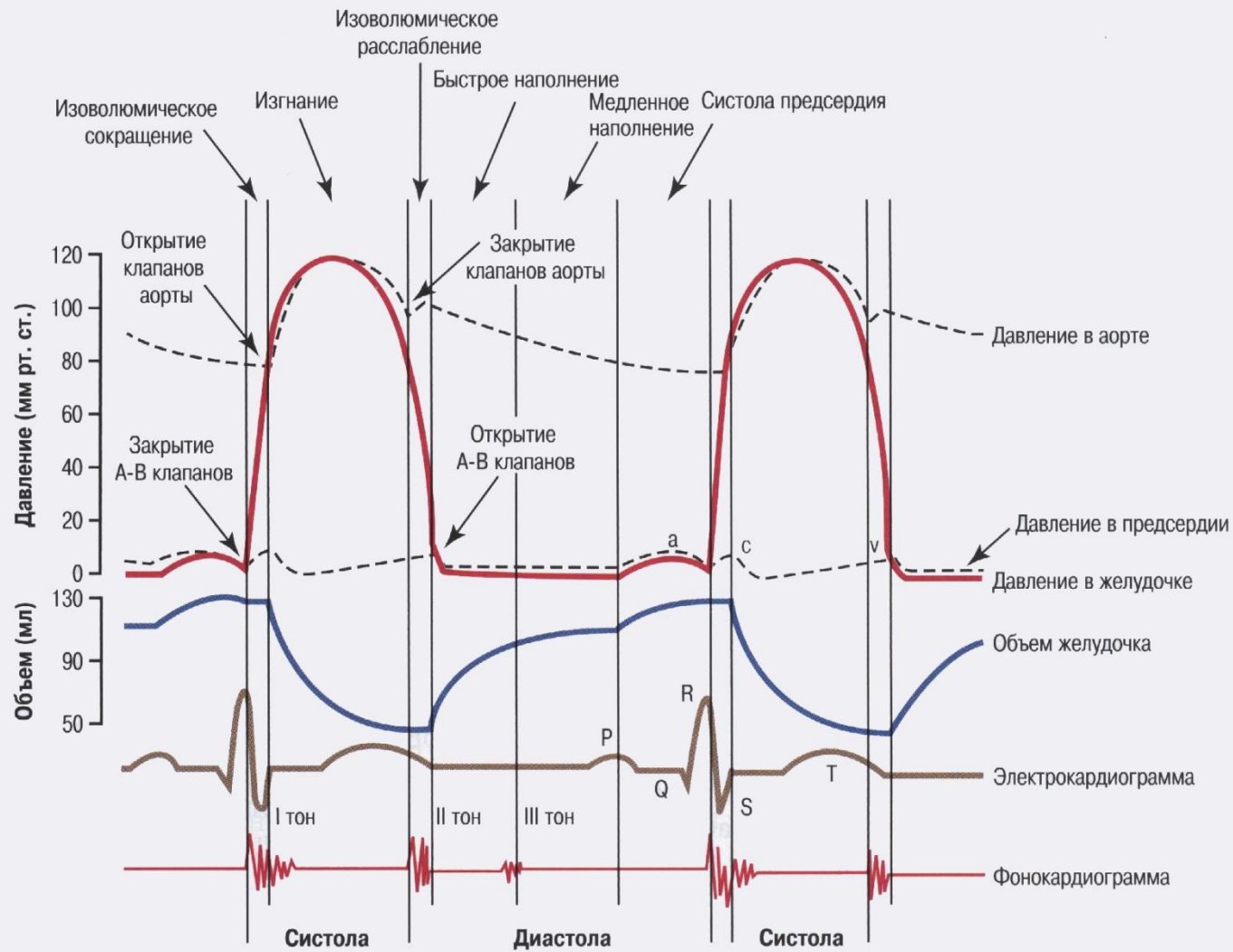
фаза быстрого наполнения 0,08 с.

фаза медленного наполнения 0,17 с

пресистолический период 0,1 с.

Сердечный цикл

Систола желудоч- ков – 0,33 с	Фаза напряжения – 0,08 с	Фаза асинхронного сокращения – 0,05 с
		Фаза изометрического сокращения – 0,03 с
	Фаза изгнания – 0,25 с	Фаза быстрого изгнания – 0,12 с
		Фаза медленного изгнания – 0,13 с
Диастола желудоч- ков – 0,47 с	Протодиастолический период – 0,04 с Фаза изометрического расслабления – 0,08 с	
	Фаза наполнения желудочков – 0,25 с	Фаза быстрого наполнения – 0,09 с
		Фаза медленного наполнения – 0,16 с
	Фаза наполнения желудочков, обусловленная систолой предсердий – 0,1 с	



Сердечный цикл левого желудочка: изменение давления в левом предсердии, левом желудочке, аорте; изменение объема желудочка; электрокардиограмма; фонокардиограмма

Физиологические *свойства* и *особенности* сердечной мышцы.

Физиологические свойства

Обмен веществ

Раздражимость

Возбудимость

Возбуждение

Торможение

Особенности

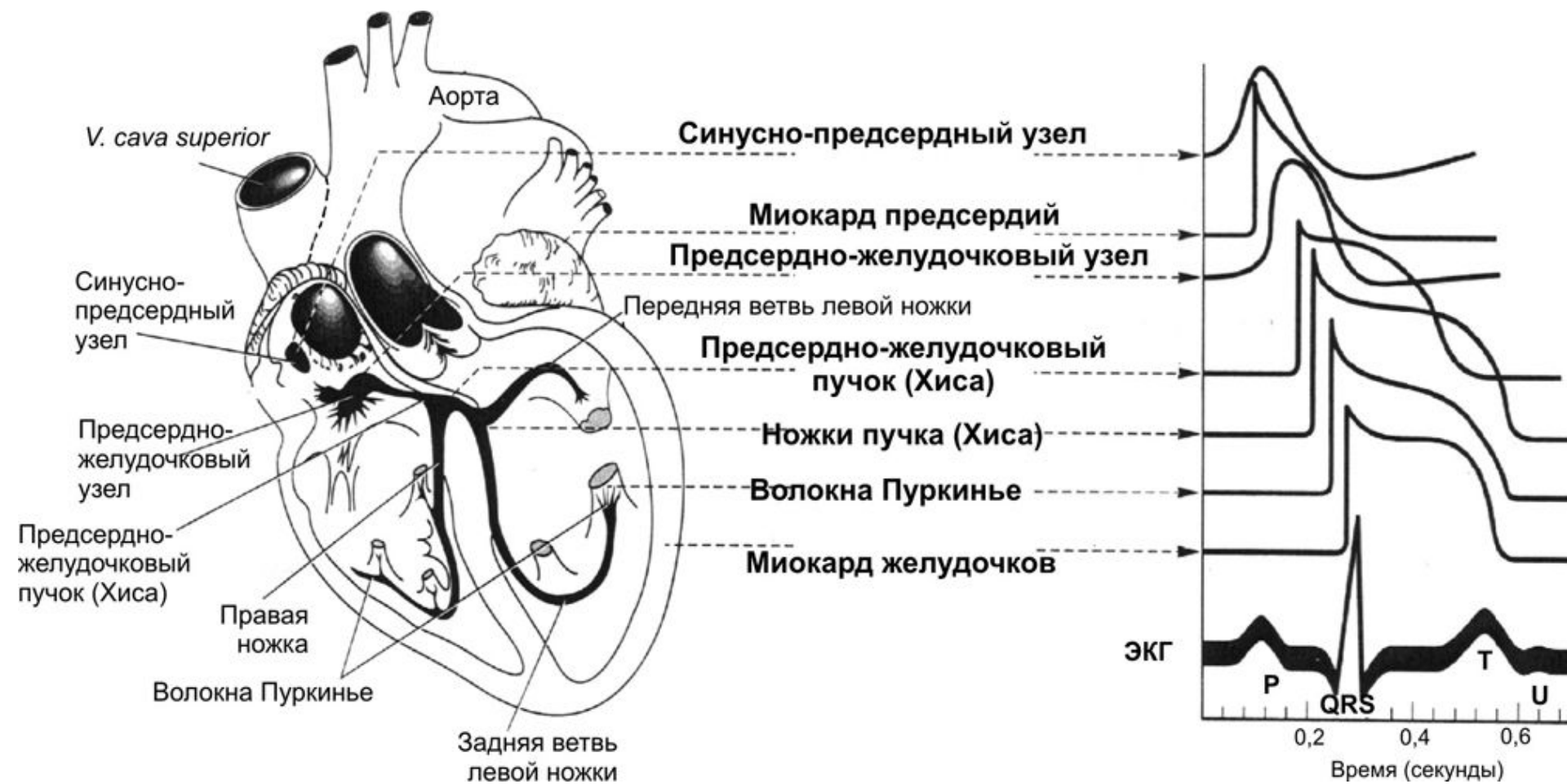
- автоматия;
- в возбудимости (более длительный рефрактерный период);
- в проведении возбуждения (атриовентрикулярная задержка);
- в сокращении (одиночное мышечное сокращение, закон «все или ничего»);

Автоматия

способность клетки, ткани, органа возбуждаться под влиянием импульсов, возникающих в них самих без действия раздражителей из внешней или внутренней среды организма

Водители ритма сердца (пейсмекеры):

- *Синоатриальный узел* - водитель ритма 1-го порядка (номотропный центр, истинный водитель ритма); 70-75 имп/мин;
- *Атрио-вентрикулярный узел* – водитель ритма 2-го порядка (гетеротропный центр, латентный водитель ритма), 40-60 имп/мин;
- *пучок Гисса* - 30-40 имп/мин;
- *волокна Пуркинье* - около 20 имп/мин;



Слева — проводящая система сердца. Справа — типичные ПД [синусового (синусно-предсердного) и АВ-узлов (предсердно-желудочкового), других частей проводящей системы и миокарда предсердий и желудочков] в корреляции с ЭКГ

ВНУТРИПРЕДСЕРДНЫЕ МЕЖУЗЛОВЫЕ ПУТИ

1. Передний межузловой и межпредсердный тракт (пучок Бахмана).
2. Средний межузловой тракт (пучок Венкебаха).
3. Задний межузловой и межпредсердный тракт (пучок Торела).

Градиент автоматии

неодинаковая способность клеток проводящей системы сердца к автоматии

Субстрат автоматии

клетки проводящей системы сердца

ЗАКОН ГРАДИЕНТА АВТОМАТИИ В. ГАСКЕЛЛА

Степень автоматии тем выше, чем ближе расположен участок проводящей системы к синоатриальному узлу.

Потенциал действия кардиомиоцитов

Фаза 0. - быстрая деполяризация – обеспечивается в основном входящим током ионов натрия;

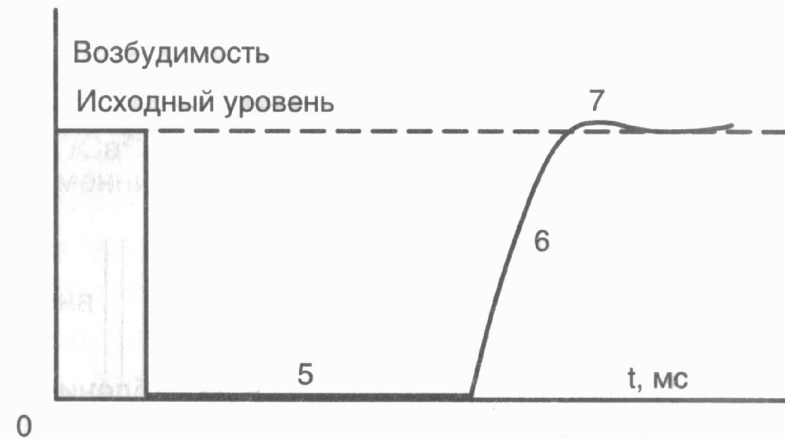
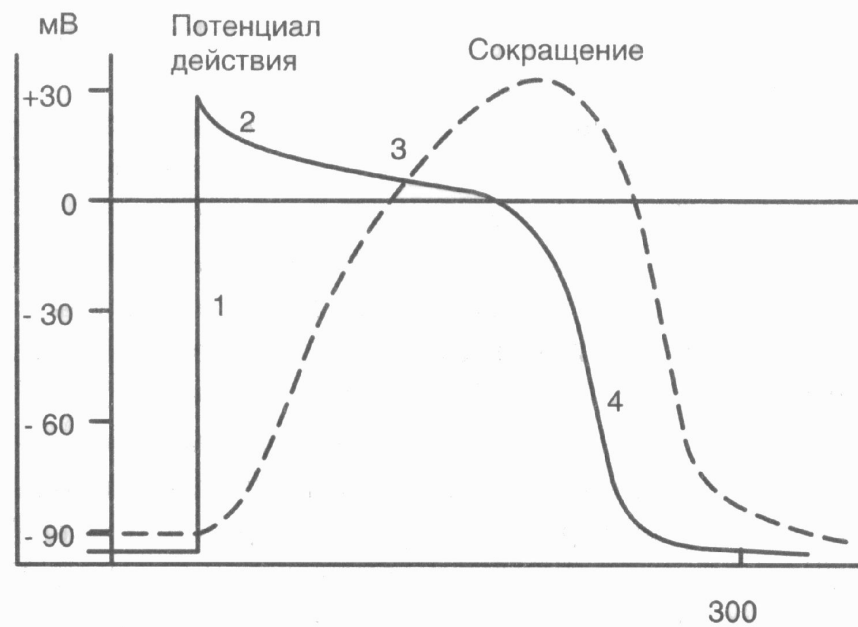
Фаза 1. – начальная быстрая реполяризация;

Фаза 2. – медленная реполяризация (фаза “плато”);

(от длительности фазы “плато” зависит продолжительность периода рефрактерности);

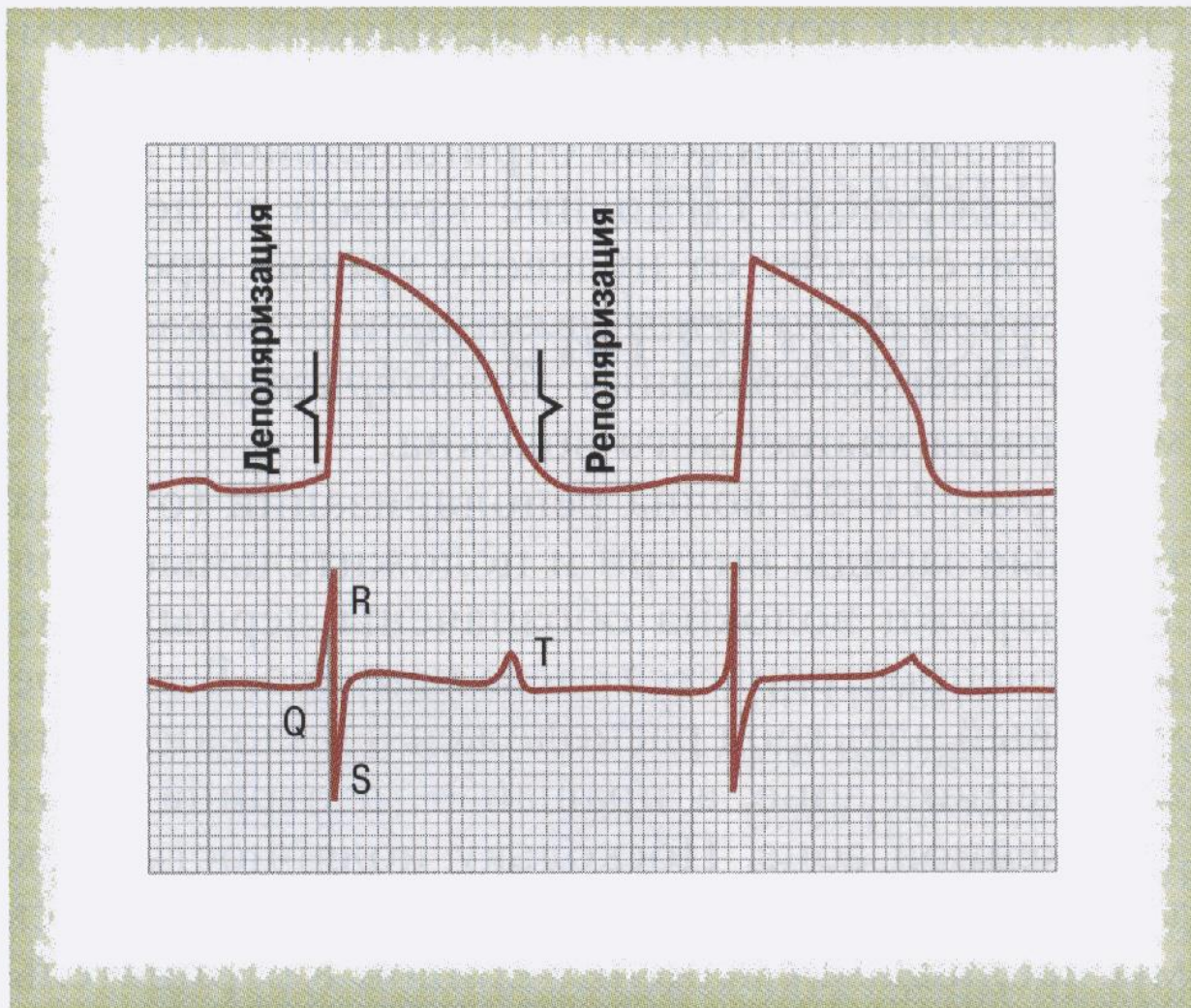
Фаза 3. – конечная, быстрая реполяризация;

Фаза 4. – покой (в сократительных кардиомиоцитах) или спонтанная диастолическая деполяризация (в клетках Пуркинье)

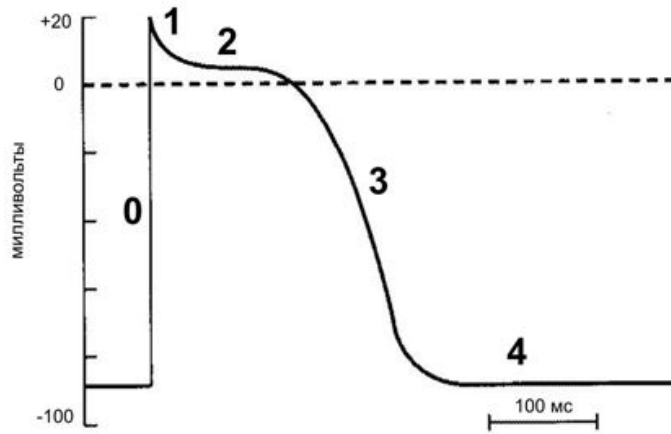
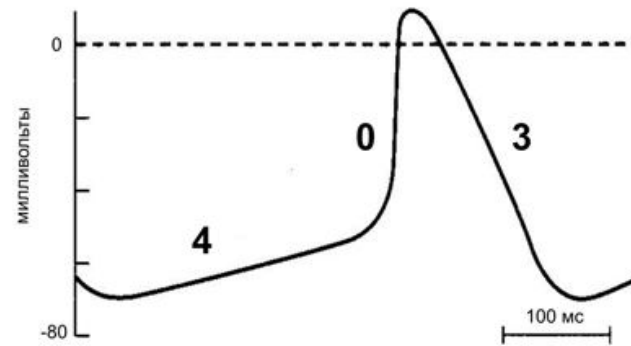
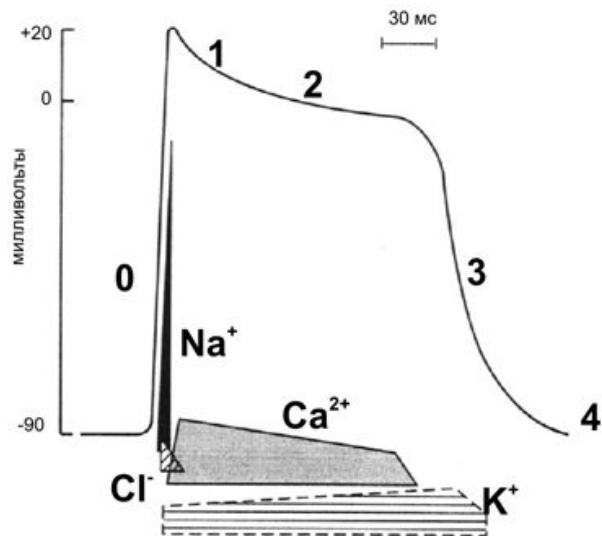
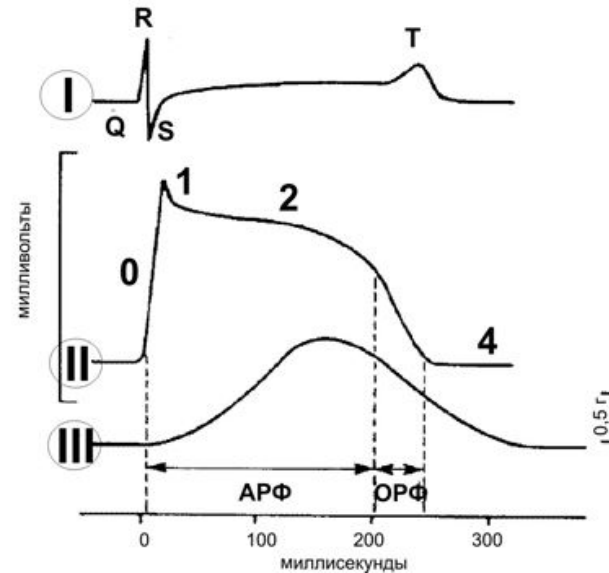


Сопоставление потенциала действия и сокращения миокарда с фазами изменения возбудимости при возбуждении.

1 — фаза медленной реполяризации, 2 — фаза начальной быстрой реполяризации, 3 — фаза медленной реполяризации (фаза плато), 4 — фаза конечной быстрой реполяризации, 5 — фаза абсолютной рефрактерности, 6 — фаза относительной рефрактерности, 7 — фаза супернормальной возбудимости. Рефрактерность миокарда практически совпадает не только с возбуждением, но и с периодом сокращения.



Верхняя кривая: монофазный потенциал действия кардиомиоцита желудочков. За быстрой деполаризацией следует сначала медленная реполаризация (плато), а затем быстрая реполаризация

А**Б****В****Г**

Потенциалы действия. А — Желудочек. Б — Синусно-предсердный узел. В — Ионная проводимость. I — ПД, регистрируемый с поверхностных электродов; II — внутриклеточная регистрация ПД; III — Механический ответ. Г — Сокращение миокарда. АРФ — абсолютная рефрактерная фаза; ОРФ — относительная рефрактерная фаза. 0 — деполяризация; 1 — начальная быстрая реполяризация; 2 — фаза плато; 3 — конечная быстрая реполяризация; 4 — исходный уровень.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИМОСТИ МИОКАРДА

1. Длительная абсолютная рефрактерность.
2. Невозможность суммации сокращений и тетануса.
3. Подчинение закону «Все или ничего».
4. Различия возбудимости проводящей системы (выше) и сократительного миокарда (ниже).

Эффективный рефрактерный период (ЭРП)

это время, в течение которого кардиомиоцит не способен генерировать распространяющееся возбуждение в ответ на раздражение любой силы. Этот период совпадает по времени с

фазами быстрой деполяризации, начальной быстрой реполяризации, “плато” и началом фазы конечной реполяризации
ПД

Относительный рефрактерный период (ОРП)

соответствует второй половине фазы конечной реполяризации ПД кардиомиоцитов и длится всего около 50 мс после достижения максимального диастолического потенциала;
ПД возникает только на более сильные стимулы, снижена скорость распространения возбуждения по миокарду.

Длительный рефрактерный период

обеспечивает:

- рефрактерный период «закрывает» практически весь период сокращения сердечной мышцы, защищая в это время миокард от действия раздражителей, которые могли бы вызвать преждевременное повторное возбуждение и сокращение
- обеспечивает нормальную последовательность распространения возбуждения в сердце и электрическую стабильность миокарда, что препятствует возникновению циркуляции возбуждения;
- миокард не способен впасть в состояние тетануса.

ОСОБЕННОСТИ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО УЗЛА

1. Малый диаметр волокон.
2. Множество мелких разветвлений.
3. Низкая скорость проведения.
4. Длительная меняющаяся рефрактерность.
5. Блокирование быстрых повторных импульсов (проведение с декрементом).
6. Ретроградная блокада проведения.

ОТДЕЛЫ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО УЗЛА

1. Предсердная часть
2. Средняя (собственная) часть
3. Нижняя (пучковая) часть

Атриовентрикулярная задержка

Скорость проведения возбуждения:

- предсердия - 0,8 – 1,0 м/с;
- АВ узел – 0,01 – 0,05 м/с;
- ножки пучка Гиса – 2,0 – 3,0 м/с;
- волокна Пуркинье – 3,0 - 4,0 м/с;
- Миокард желудочков: субэндокардиальный – 1,0 м/с;
субэпикардиальный – 0,4 – 1, м/с.

Это обеспечивает практически синхронное сокращение миоцитов желудочков и развитие однородного по всему их объему напряжения, выталкивающего кровь из полостей сердца

Физиологический смысл – попеременное сокращение отделов сердца и выполнение «насосной» (гемодинамической) функции

Особенности сократимости сердечной мышцы.

- 1. В отличие от скелетной мышцы сила сокращения миокарда не зависит от силы раздражителя (закон «все или ничего»).**

(Это объясняется особенностями строения миокарда, клетки которого образуют функциональный синцитий. Поэтому любой раздражитель, сила которого превышает пороговую, приводит к возбуждению всех кардиомиоцитов и развитию сокращения максимальной силы)

- 2. Миокард работает в режиме одиночных сокращений и не способен к развитию тетануса, характерного для скелетной мышцы, даже при очень высоких частотах стимуляции**

(следствие длительного рефрактерного периода и защищает сердце от преждевременных возбуждений и утомления)

- 3. Сила сокращения миокарда тем больше, чем больше степень предшествующего растяжения мышечных волокон (как и для скелетной мышцы)**

(при растяжении саркомера происходит выдвигание актиновых и миозиновых нитей из промежутков между ними. Соответственно увеличивается количество актомиозиновых мостиков, которые могут образовываться при сокращении, а значит и возрастает потенциальный резерв увеличения силы сокращения)

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ СОКРАЩЕНИЯ МИОКАРДА

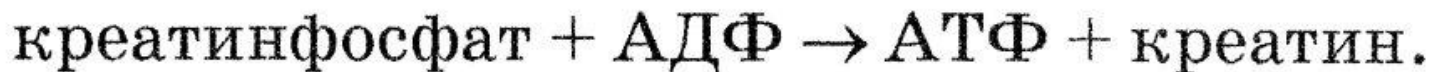
1. Образование АТФ в митохондриях при дыхании.
2. Образование АТФ в миофибриллах при гликолизе.

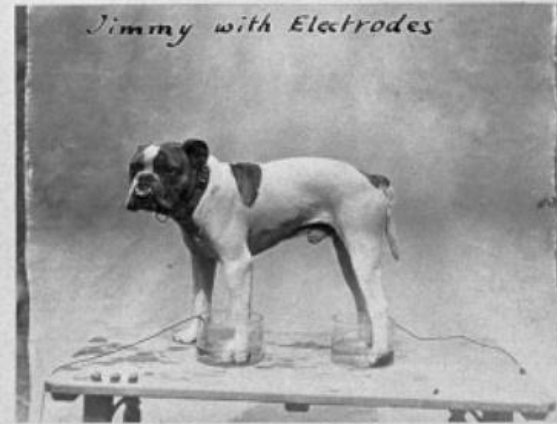
КРЕАТИНКИНАЗНАЯ СИСТЕМА

Митохондрии:



Миофибриллы:





B E S T W I S H E S

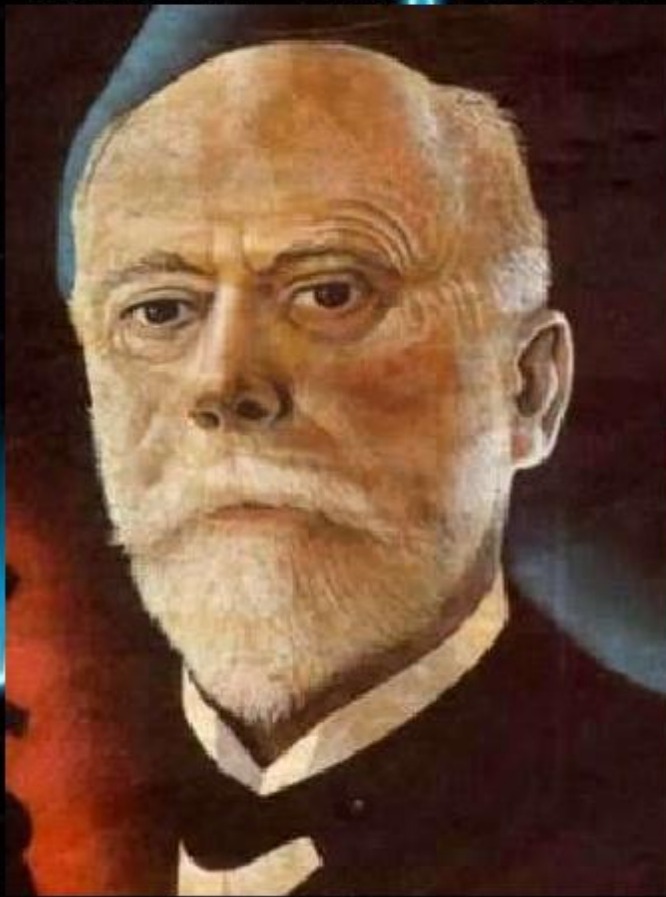
Q at the conference of the Royal Society at Burlington House on May 12 last, whereby a leather strap with sharp nails was secured around the dog's neck, his feet being introduced in glass jars containing salts in solution, and the jars being connected by wires with galvanometers; whether, in view of the Cruelty to Animals Act, 1876, which

A sited for some time in water, in which some sodium chloride had been added, or, in other words, a little common salt. If my hon. friend has ever paddled in the sea he will understand the sensation.

H e wore a leather collar ornamented with brass studs. Had the experiment been painful, the pain no doubt would have been immediately felt by those nearest the dog.

Уоллер (A. D. Waller) совместно с Шарпи (W. Sharpey), используя капиллярный электрометр, первый в мире показал, что не вскрывая тело живого организма, можно снять запись электрических импульсов сердца (1887 г.)

Willem Einthoven



Шарпи (W. Sharpey, 1880) и **Уоллер** (A. D. Waller, 1887)

первыми

записали ЭКГ

человека

капиллярным

электрометром

Эйнтховен Виллем

(1860-1927)

Создатель струнного гальванометра, основатель электрокардиографии, впервые в 1906 г. использовал электрокардиографию в диагностических целях
Лауреат Нобелевской премии (1924 г)



**Самойлов Александр
Филиппович**
(1867-1930)
Выдающийся русский
физиолог, основатель
электрокардиографии в
России

Внешние проявления деятельности сердца (электрокардиография, тоны сердца)

Стандартные отведения (Эйнтховен, 1908 г.)

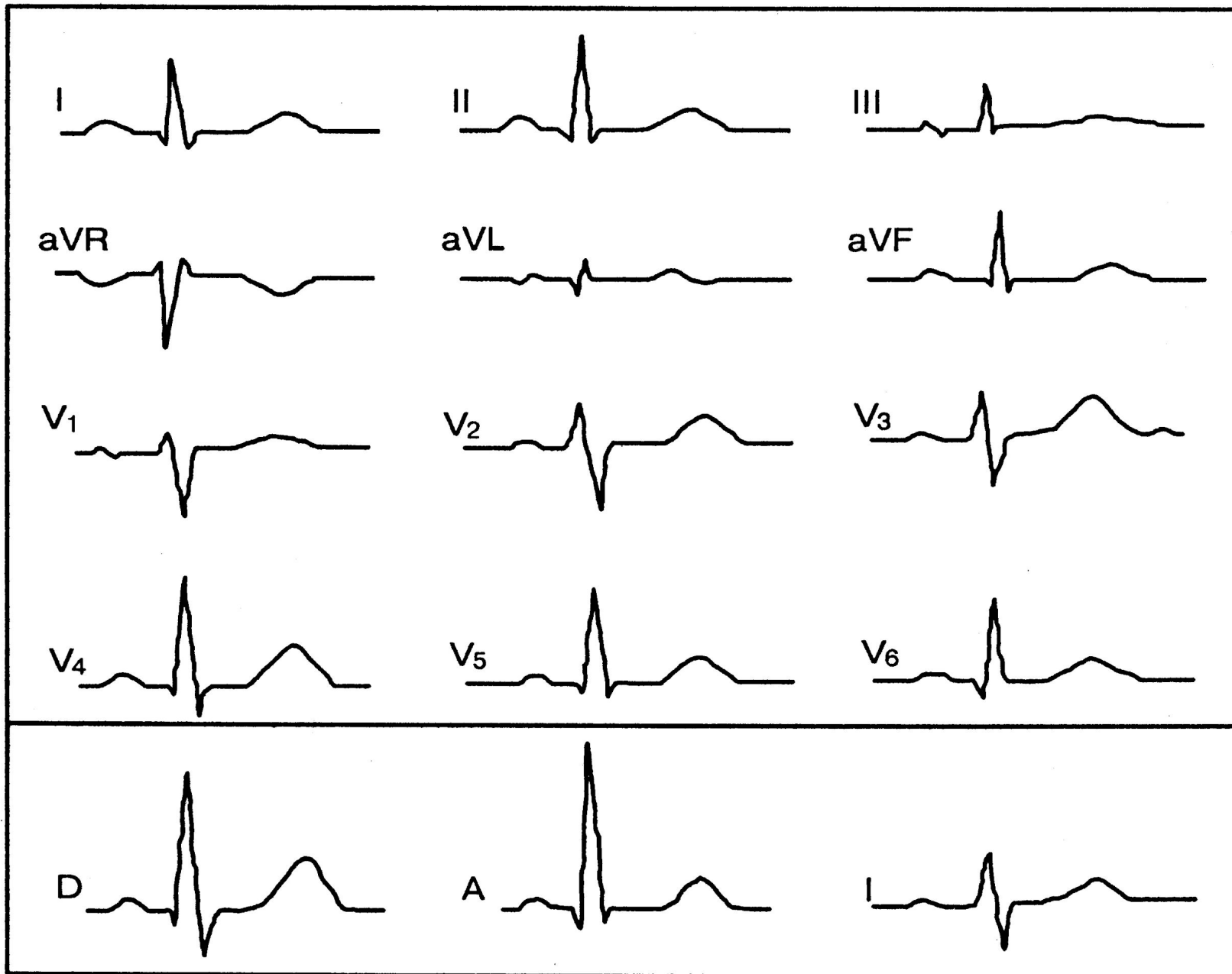
- 1 отведение: правая рука (-) – левая рука (+);
- 2 отведение: правая рука (-) – левая нога (+);
- 3 отведение: левая рука (-) – левая нога (+).

Усиленные отведения Гольдбергера (1942 г.)

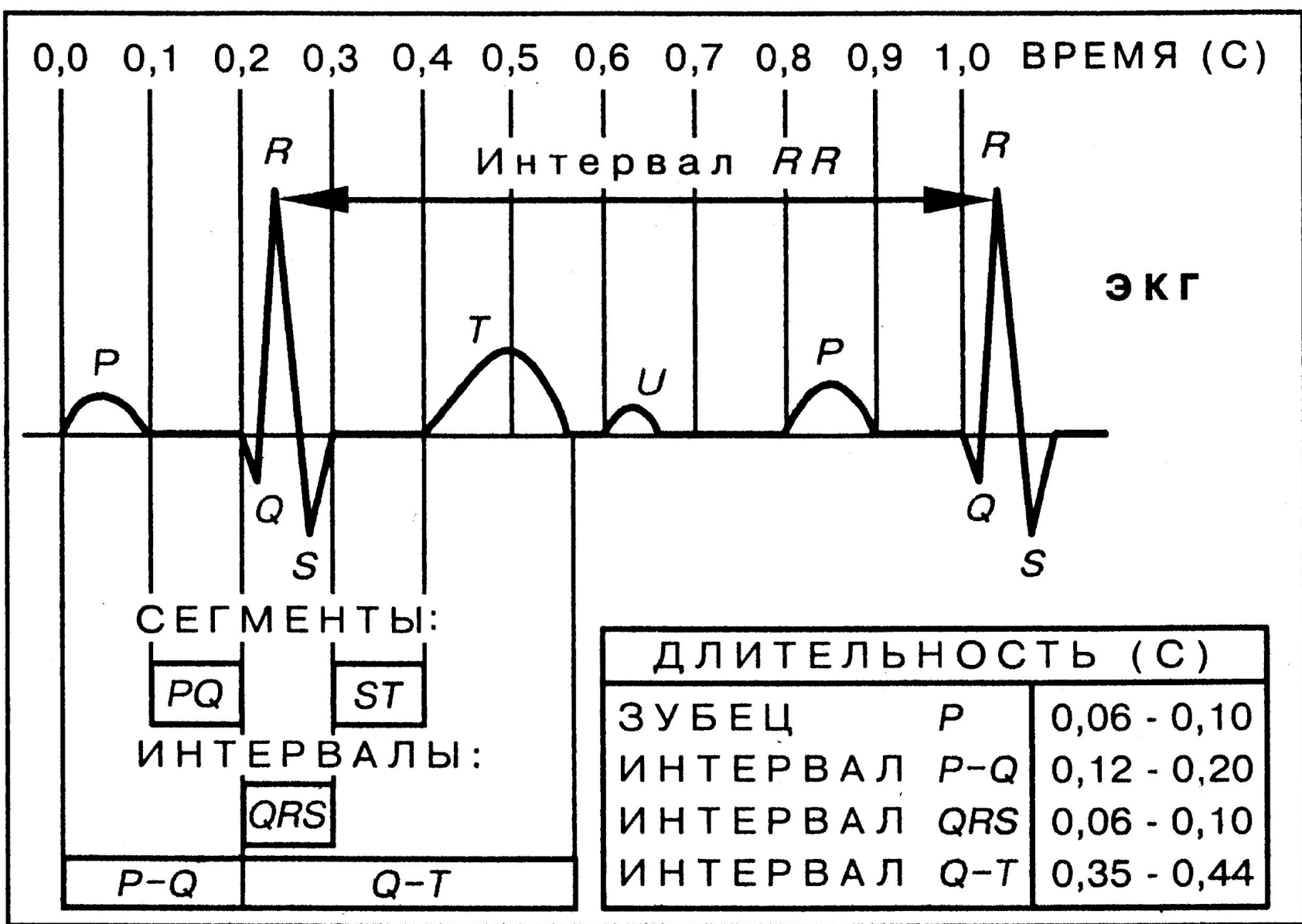
униполярные, aVL, aVR, aVF – (augmented voltage Left, Right, Foot);

Отведения Вильсона (прекардиальные, грудные); униполярные, (могут быть и двухполюсными).

- V1 – 4 межреберье по правому краю грудины;
- V2 – 4 межреберье по левому краю грудины;
- V3 – посередине между V2 и V4;
- V4 – в 5 межреберье по левой срединноключной линии;
- V5 – на горизонтальном уровне V4 по левой передней подмышечной линии;
- V6 – на горизонтальном уровне V4 по левой среднеподмышечной линии.



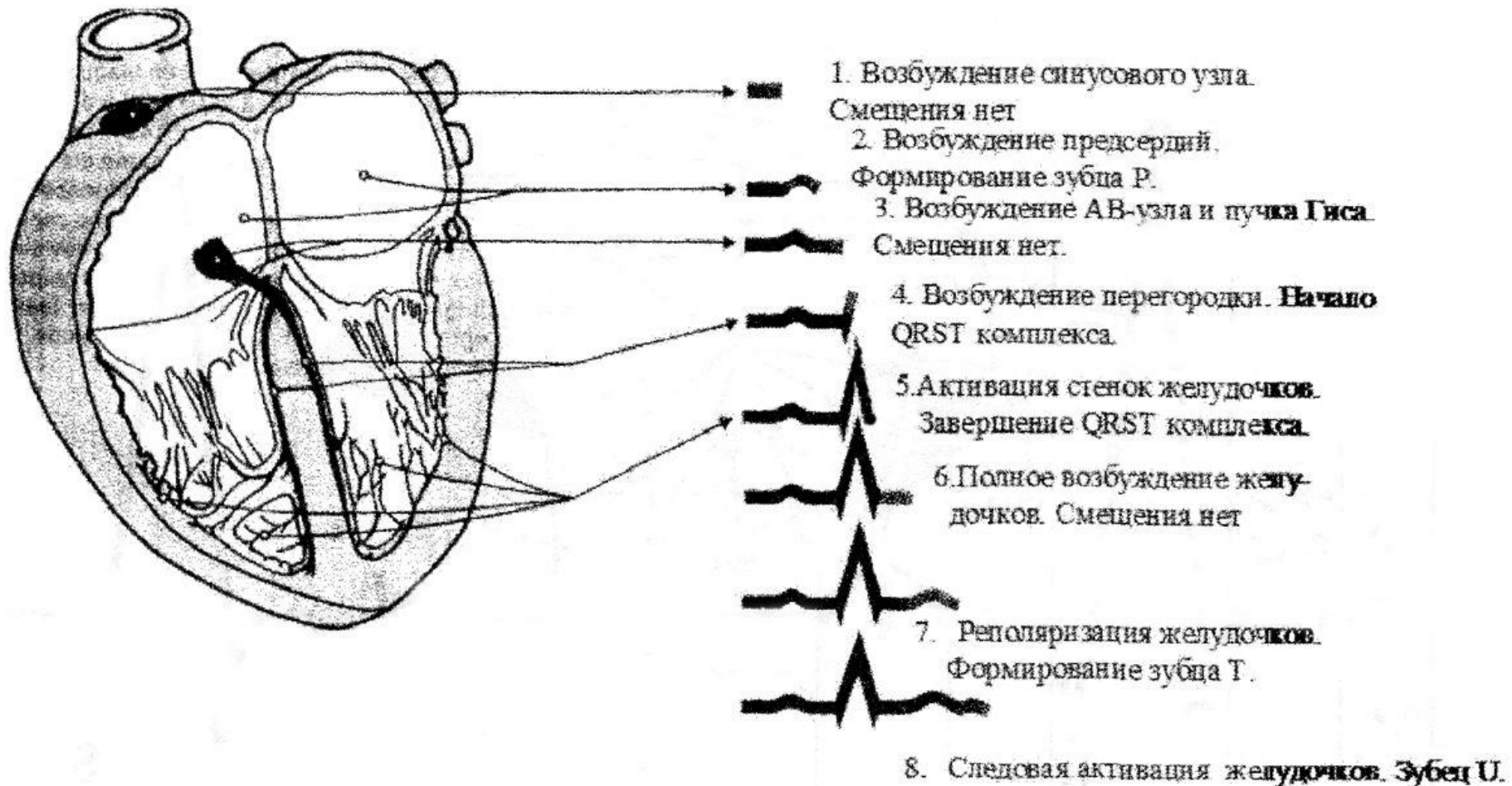
Нормальная электрокардиограмма в 12 основных отведениях и 3 дополнительных отведениях (по Небу)

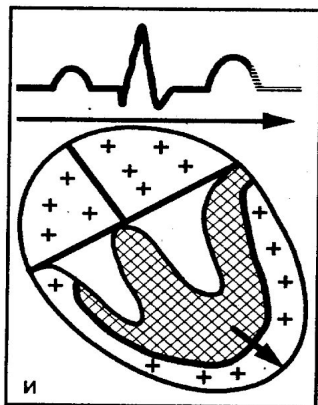
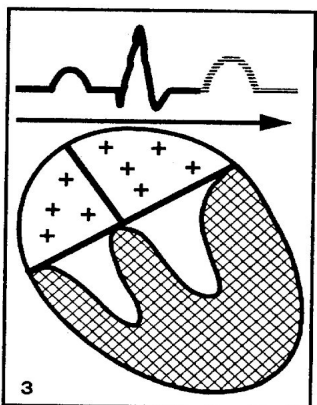
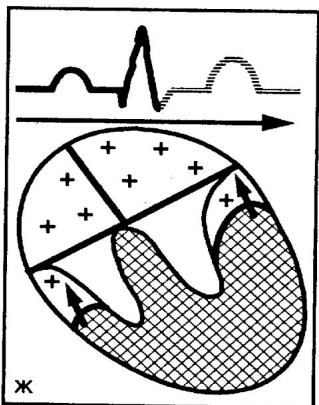
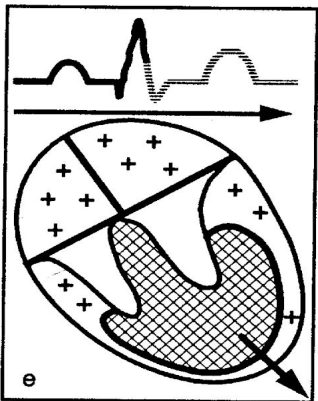
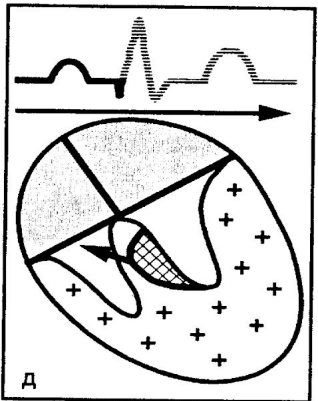
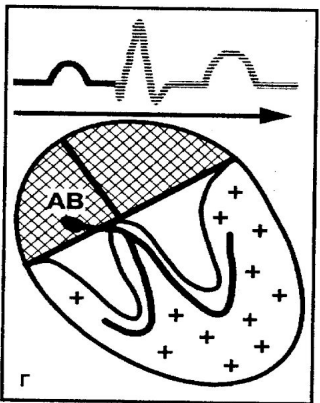
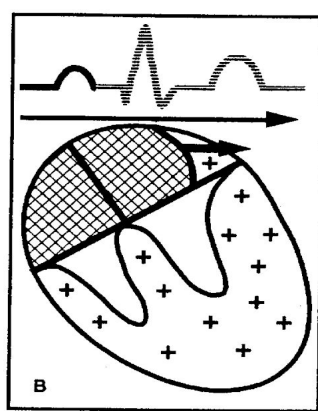
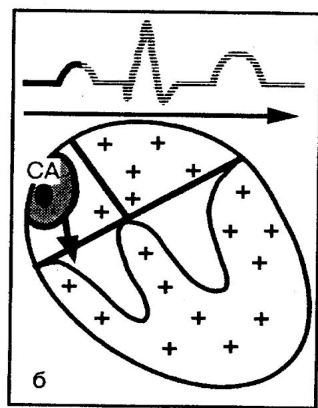
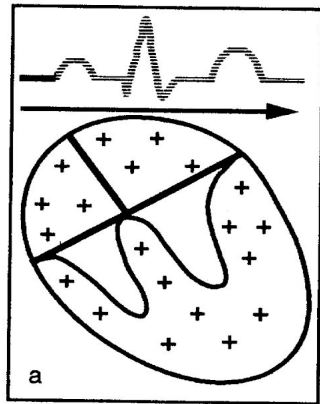


Основные элементы нормальной ЭКГ и их длительность (с)
при частоте сокращений сердца 75 уд/мин.

Цифры сверху — отметка времени

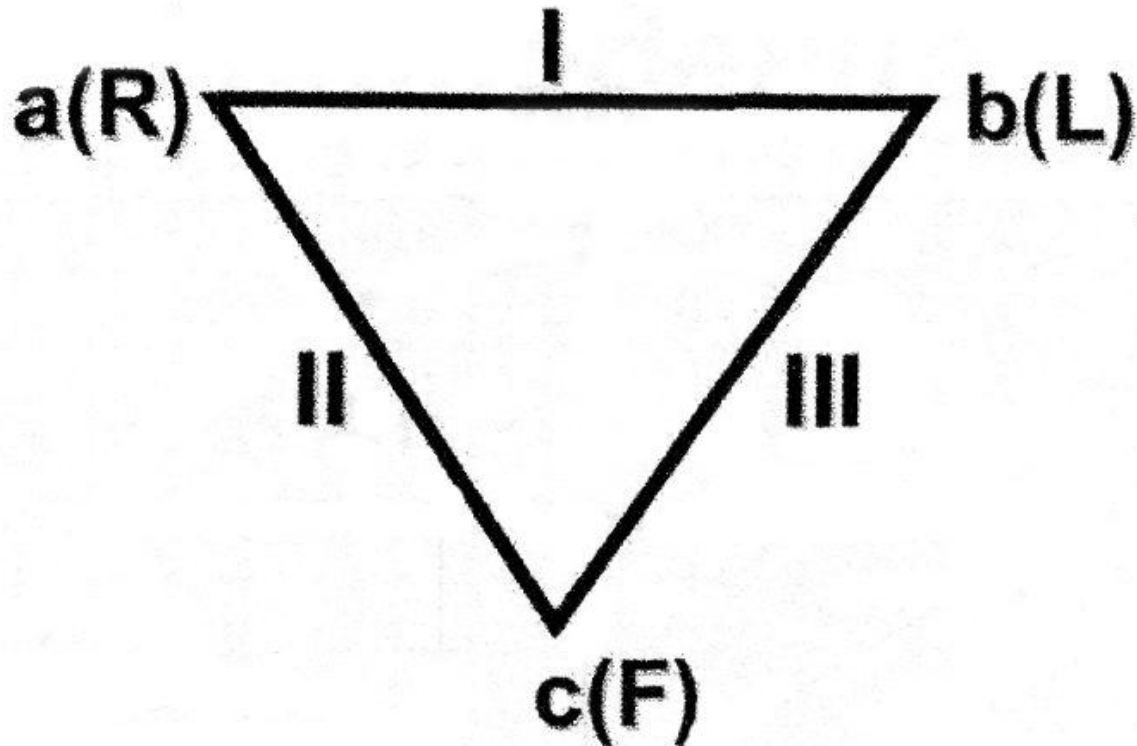
ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЦОВ ЭКГ



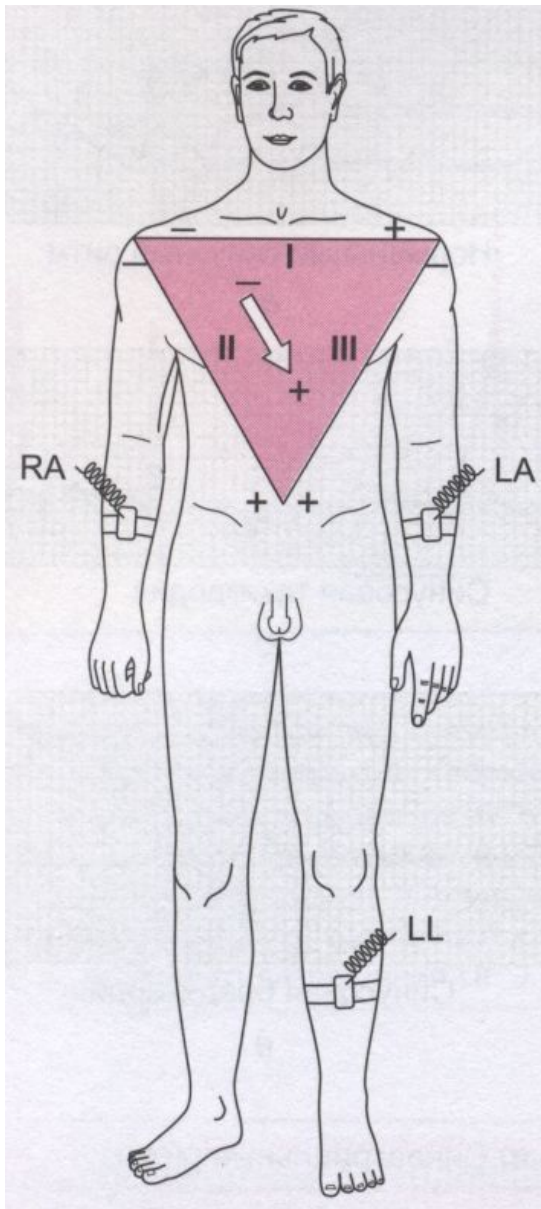


Динамика моментного вектора сердца и формирование ЭКГ

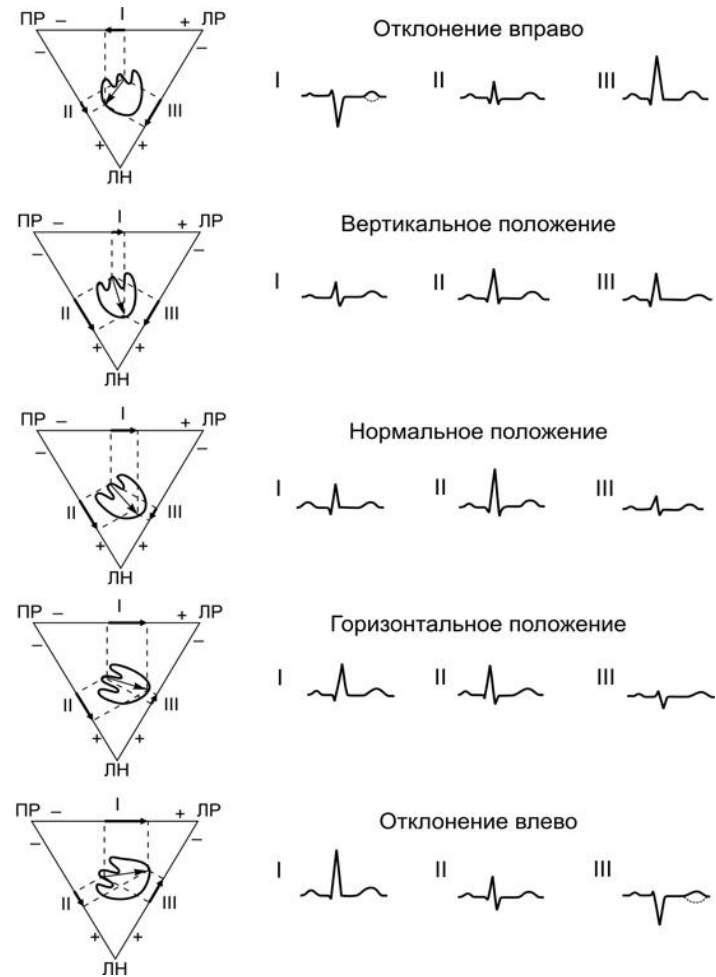
ПРАВИЛО ЭЙНТХОВЕНА



$$(a-b) + (b-c) = (a-c), \text{ т.е.: } I + III = II$$

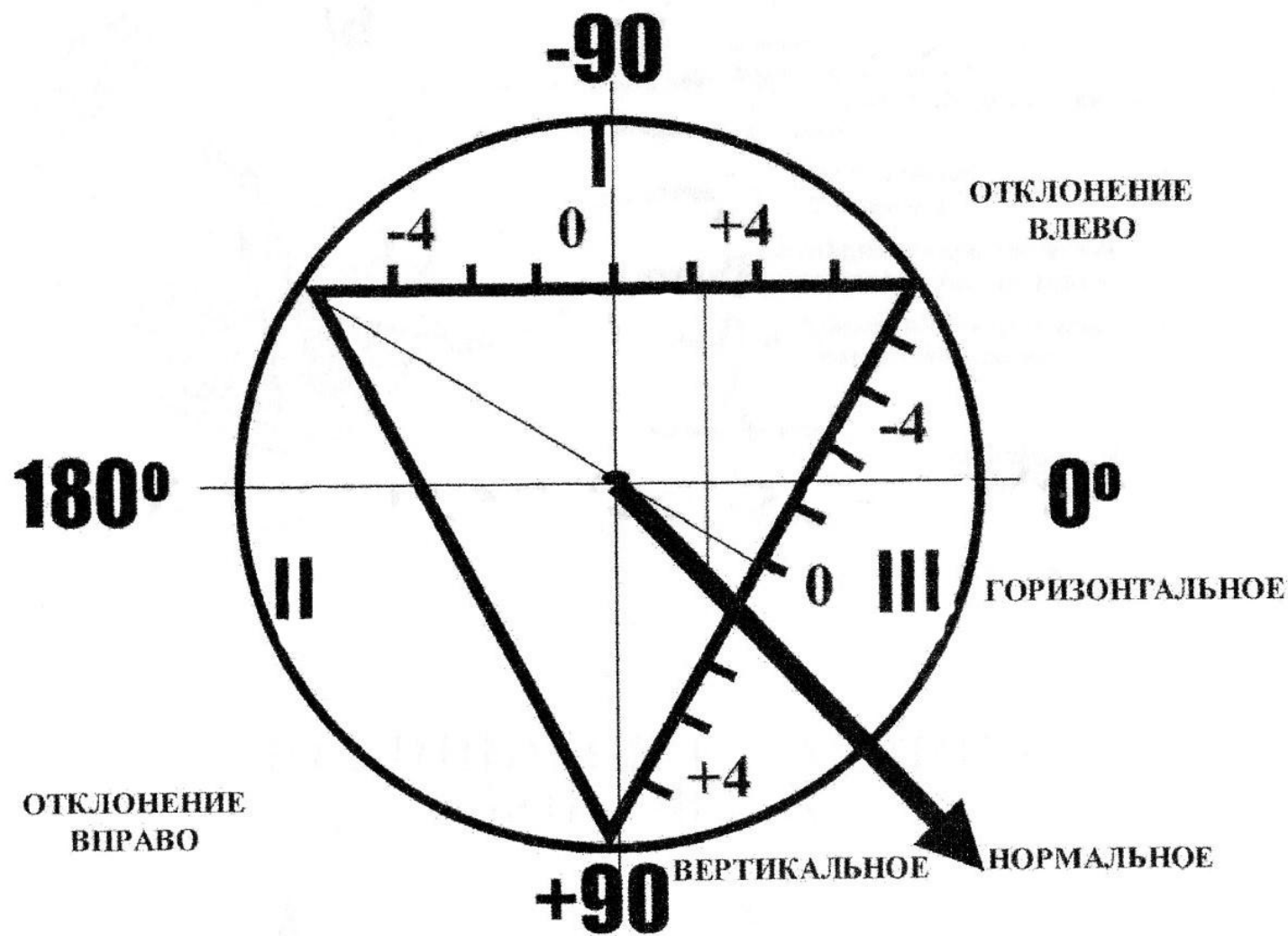


Треугольник Эйнтовена



Варианты отклонения электрической оси сердца. Их оценивают по величине основных (наибольшей амплитуды) зубцов комплекса QRS в I и III отведениях. ПР — правая рука, ЛР — левая рука, ЛН — левая нога.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСИ ПО СХЕМЕ ДЬЕДА



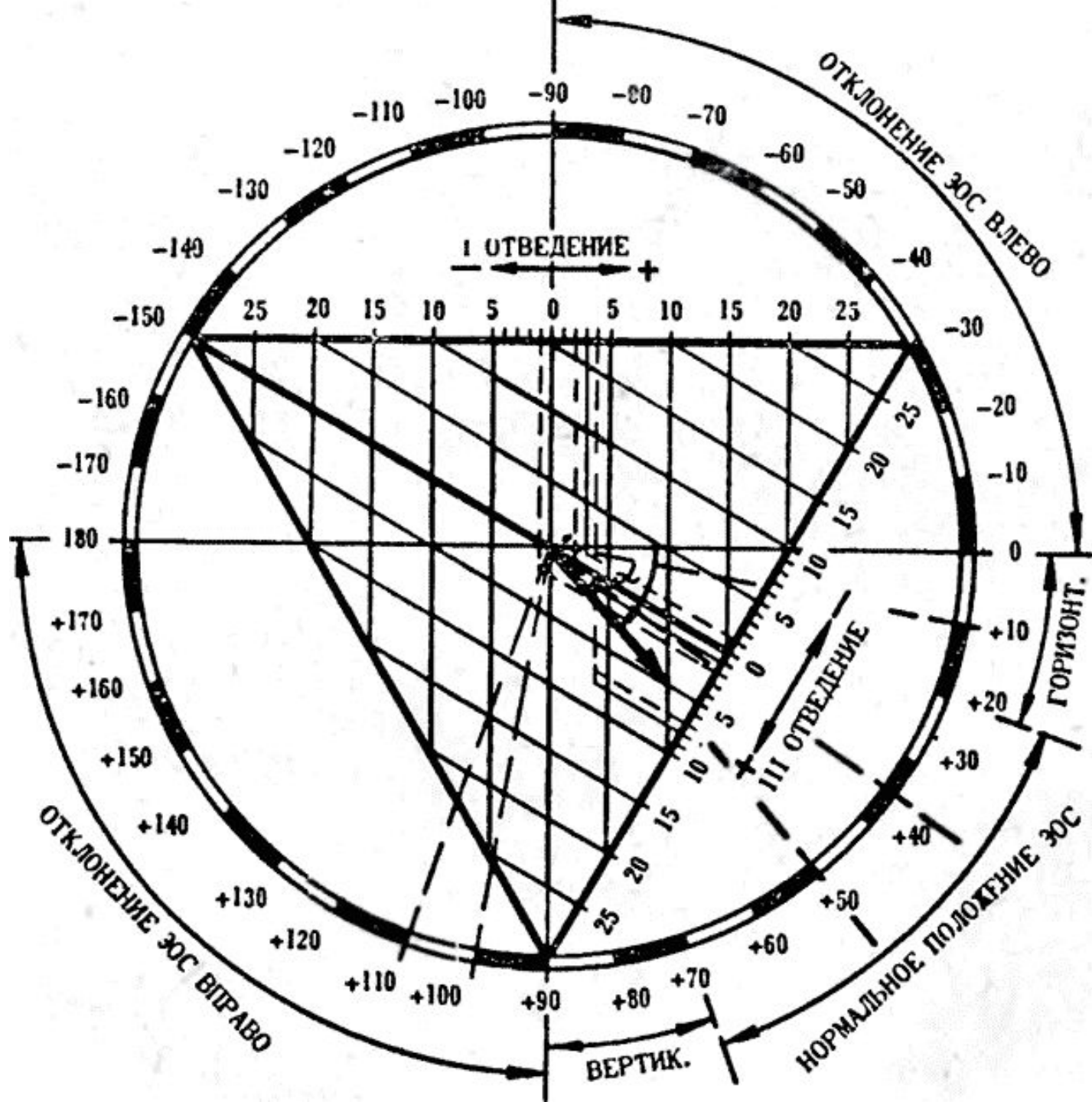
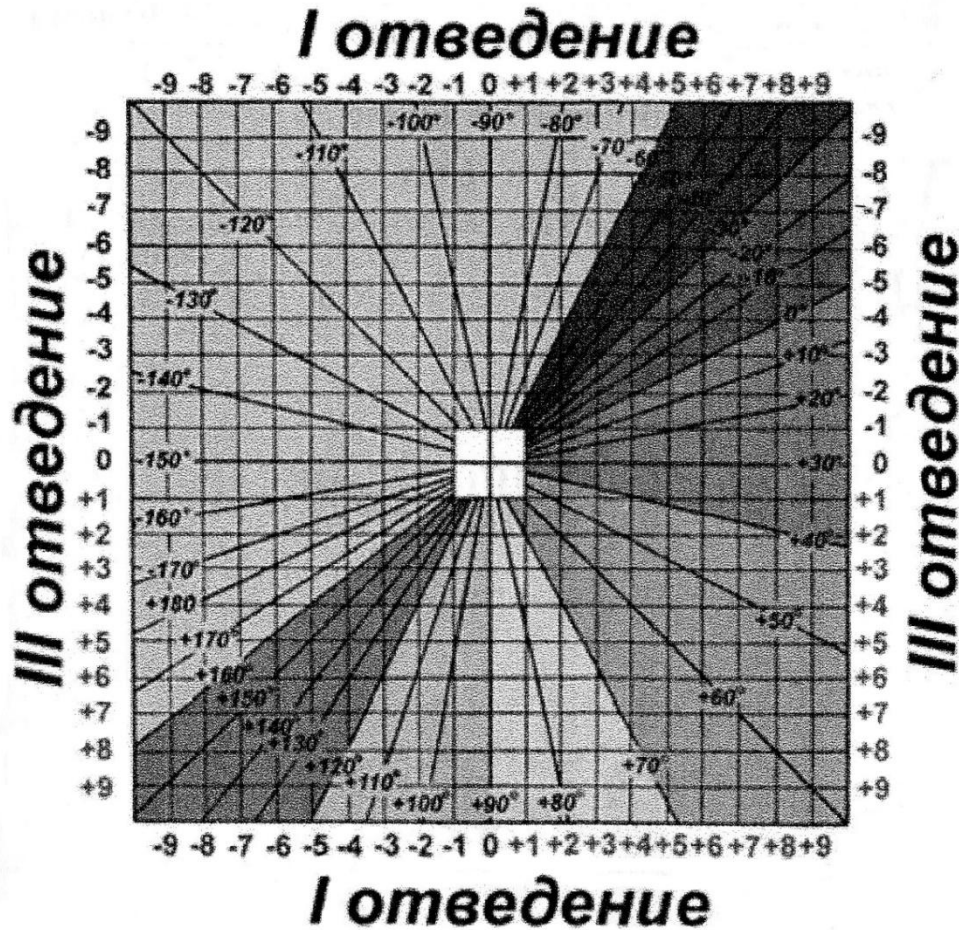


СХЕМА ДЪЕДА



- Менее -30° — резкое отклонение влево.
- От -30 до 0° — умеренное отклонение влево.
- От 0 до $+40^\circ$ — горизонтальное положение.
- От $+40$ до $+70^\circ$ — промежуточное положение.
- От $+70$ до $+90^\circ$ — вертикальное положение.
- От $+90$ до $+120^\circ$ — умеренное отклонение вправо.
- Более $+120^\circ$ — резкое отклонение вправо.
- В этот сектор ось сердца не отклоняется.

Положение электрической оси сердца может быть определено несколькими способами:

- по методике Дьеда (графическим методом или по таблицам);
- по методике Р.Я. Письменного (графическим методом или по таблицам);
- по индексу Леви (не является точной методикой)

$$J = (R_I + S_{III}) - (S_I + R_{III})$$

Пять вариантов отклонения электрической оси сердца.

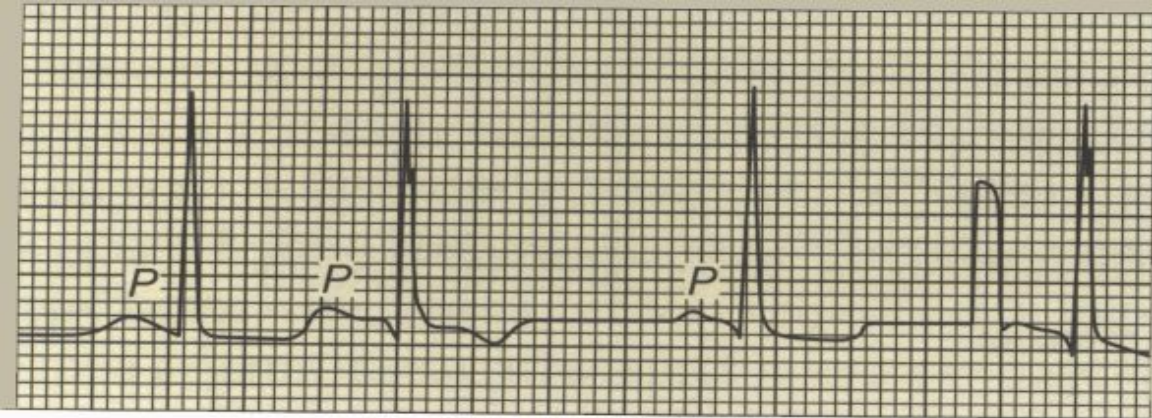
Нормограмма (нормальное положение ЭОС) характеризуется углом α от $+30^\circ$ до $+70^\circ$. ЭКГ-признаки:
зубец R преобладает над зубцом S во всех стандартных отведениях;
максимальный зубец R во II стандартном отведении;
в aVL и aVF также преобладают зубцы R, причём в aVF он обычно выше, чем в aVL.
Формула нормограммы: $R_{II} > R_I > R_{III}$.

Вертикальное положение характеризуется углом α от $+70^\circ$ до $+90^\circ$. ЭКГ-признаки:
равная амплитуда зубцов R во II и III стандартных отведениях (или в III отведении чуть ниже, чем во II);
зубец R в I стандартном отведении небольшой величины, но его амплитуда превышает амплитуду зубца S;
комплекс QRS в aVF положителен (преобладает высокий зубец R), а в aVL — отрицательный (преобладает глубокий зубец S).
Формула: $R_{II} \approx R_{III} > R_I, R_I > S_I$.

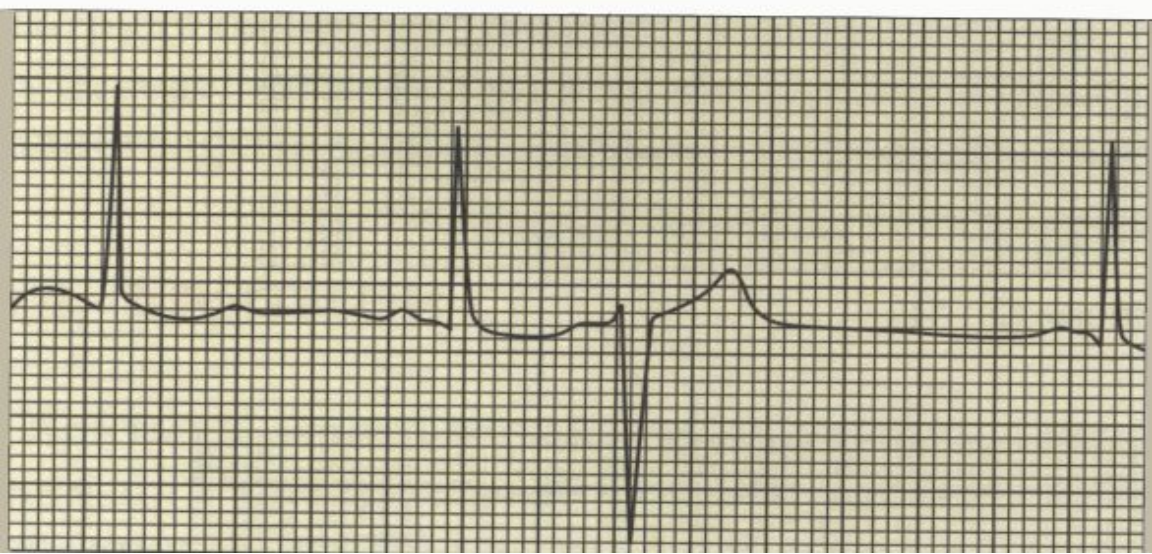
Правограмма. Отклонение ЭОС вправо (правограмма) — угол α более $+90^\circ$. ЭКГ-признаки:
зубец R максимален в III стандартном отведении, в II и I отведениях он прогрессивно уменьшается;
комплекс QRS в I отведении отрицательный (преобладает зубец S);
в aVF характерен высокий зубец R, в aVL — глубокий S при малом зубце R;
Формула: $R_{III} > R_{II} > R_I, S_I > R_I$.

· **Горизонтальное положение** характеризуется углом α от $+30^\circ$ до 0° . ЭКГ-признаки:
зубцы R в I и II отведениях практически одинаковы, или зубец R в I отведении несколько выше;
в III стандартном отведении зубец R имеет небольшую амплитуду, зубец S превышает его (на вдохе зубец R увеличивается);
в aVL зубец R высокий, но несколько меньше зубца S;
в aVF зубец R невысокий, но превышает зубец S.
Формула: $R_I \approx R_{II} > R_{III}, S_{III} > R_{III}, R_{aVF} > S_{aVF}$.

· **Левграмма.** Отклонение ЭОС влево (левограмма) — угол α менее 0° (до -90°). ЭКГ-признаки:
зубец R в I отведении превышает зубцы R в II и III стандартных отведениях;
комплекс QRS в III отведении отрицательный (преобладает зубец S; иногда зубец R отсутствует полностью);
в aVL зубец R высокий, почти равен или больше зубцу R в I стандартном отведении;
в aVF комплекс QRS напоминает таковой в III стандартном отведении.
Формула: $R_I > R_{II} > R_{III}, S_{III} > R_{III}, R_{aVF} < S_{aVF}$.



a



Внеочередные предсердная (а) и желудочковая (б) деполяризации. Ранняя предсердная деполяризация (второе сокращение на верхней записи) характеризуется инвертированной *P*-волной и нормальными *QRS* и *T*-волнами. Интервал после внеочередной деполяризации не намного длиннее обычного интервала между ударами сердца. Короткое прямоугольное отклонение перед последней деполяризацией — калибровочный сигнал. Внеочередная желудочковая деполяризация характеризуется измененными комплексом *QRS* и *T*-волнами и сопровождается компенсаторной паузой

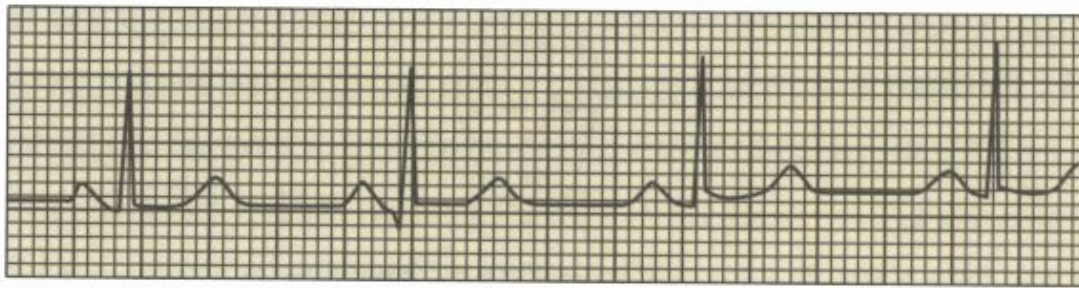
Функциональные нарушения ритма и проводимости сердца

Функциональные нарушения ритма

- синусовая брадикардия;
- синусовая тахикардия;
- синусовая дыхательная аритмия;
- синдром внезапной остановки синусного узла;
- экстрасистолы (синусовые, предсердные, атриовентрикулярные (наджелудочковые), желудочковые).

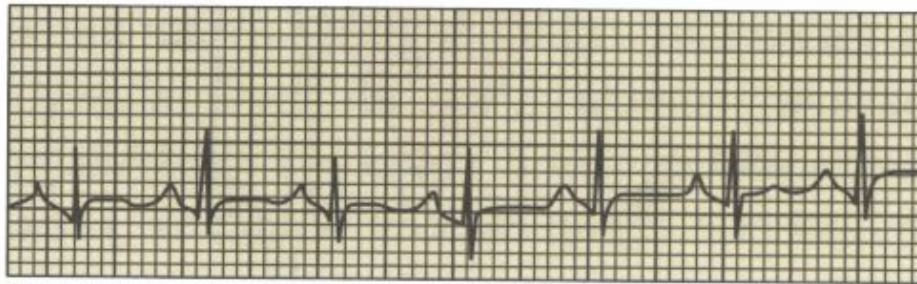
Функциональные нарушения проводимости

- некоторые виды атриовентрикулярной и внутрижелудочковой блокад



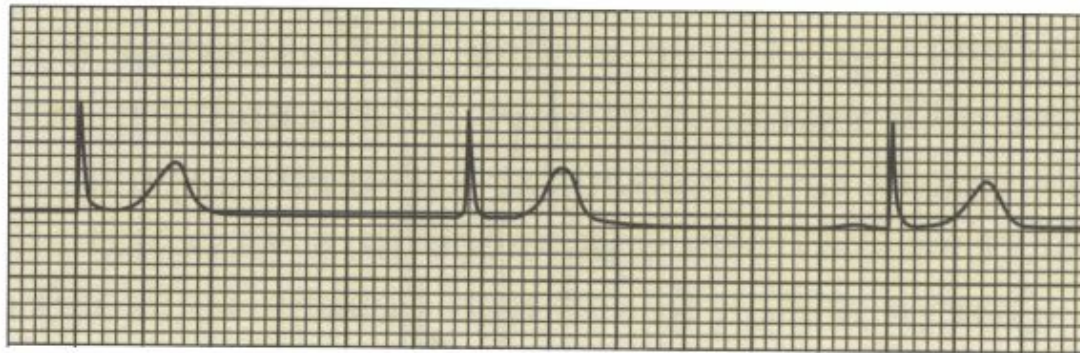
Нормальный синусный ритм

a



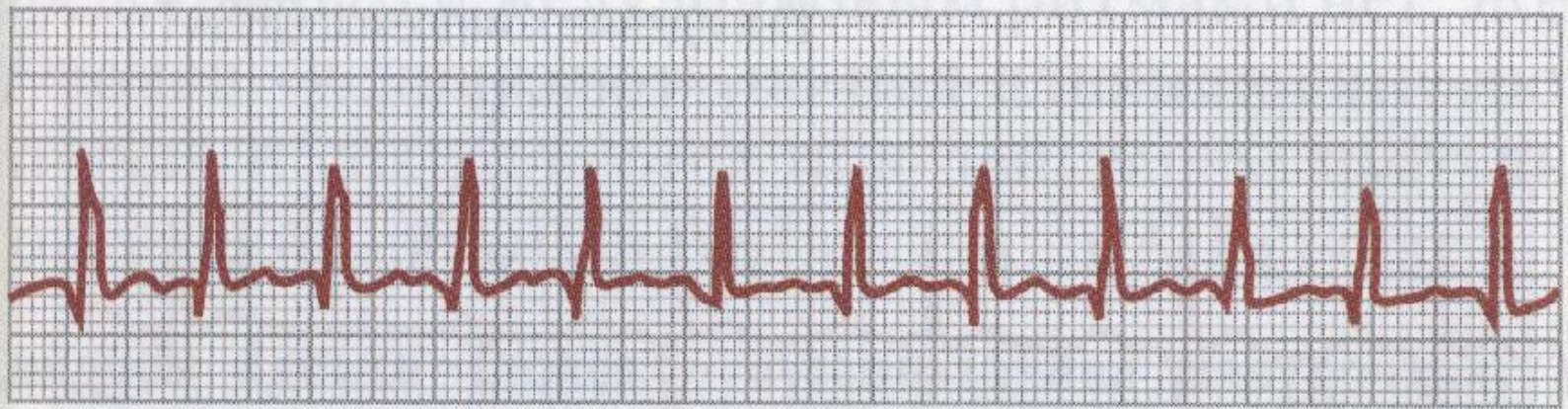
Синусовая тахикардия

б

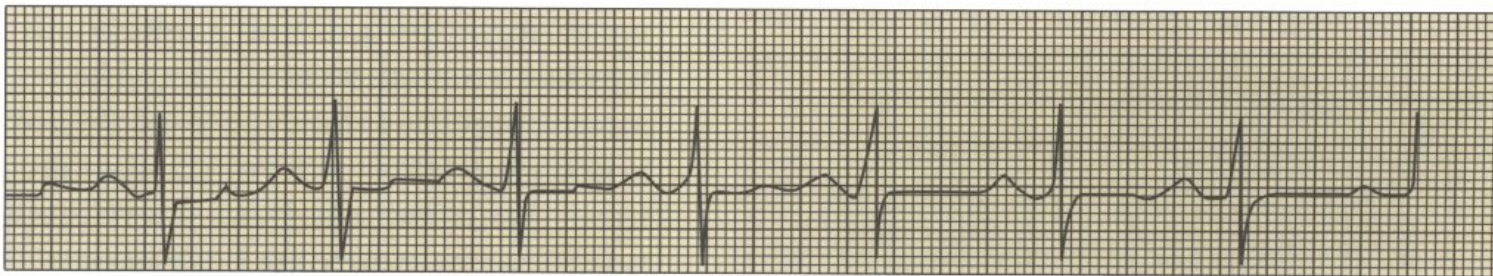


Синусовая брадикардия

в

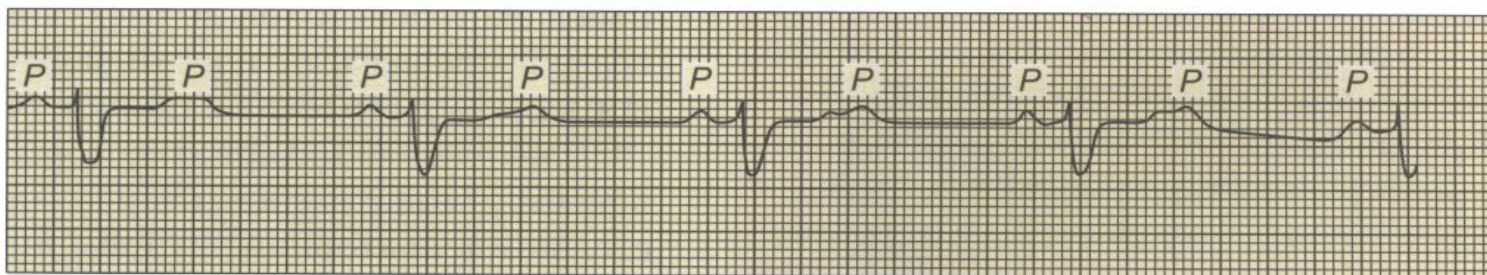


Синусовая тахикардия (отведение I)



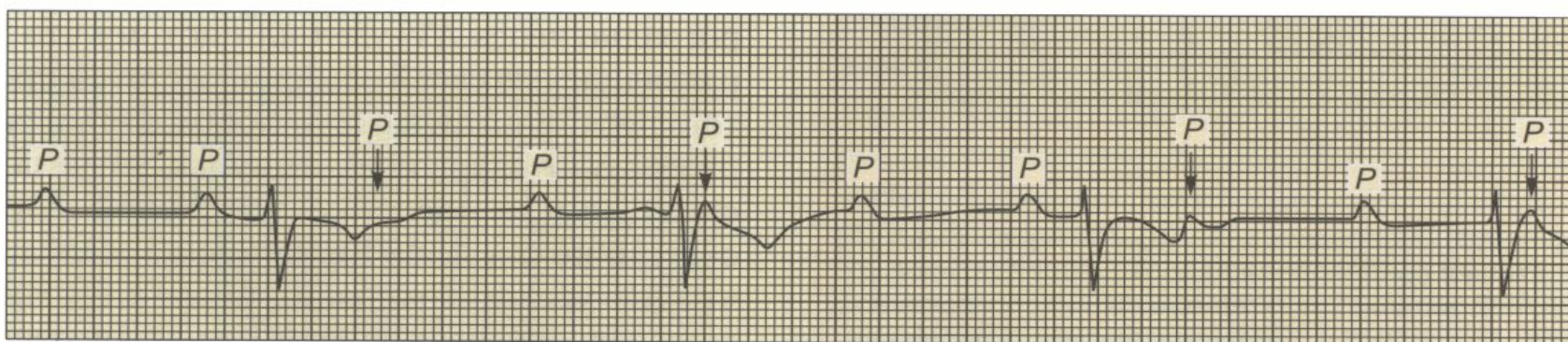
AV-блокада первой степени

а



AV-блокада второй степени (2 : 1)

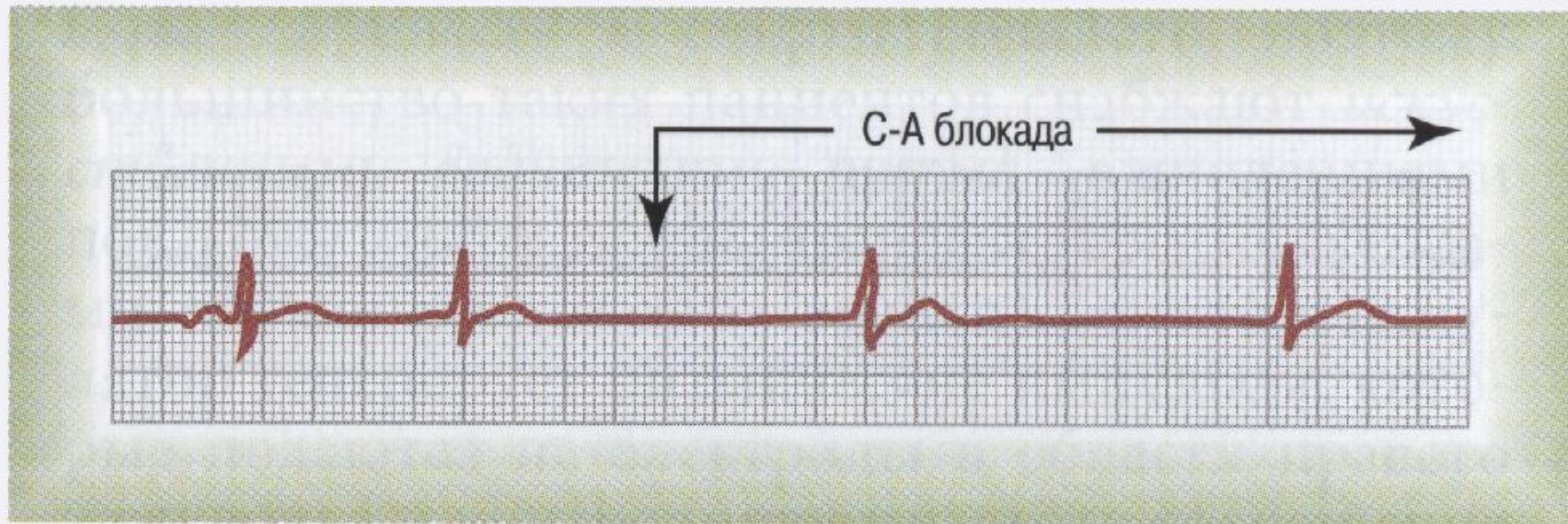
б



AV-блокада третьей степени

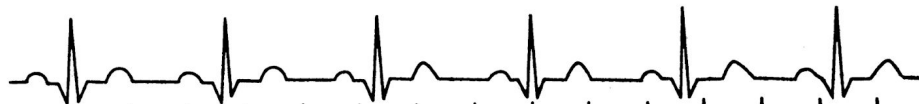
в

AV-блокады. (а) AV-блокада первой степени; интервал $P-R$ составляет 0,28 с. (б) AV-блокада второй степени (2 : 1). (в) AV-блокада третьей степени, обратите внимание на расхождение между P -волнами и комплексами QRS



Синоатриальная узловая блокада с атриовентрикулярным узловым ритмом, установившимся во время блокады (отведение III)

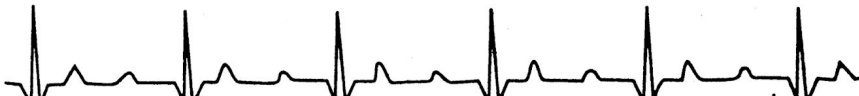
1. Нормальный синусовый ритм



2. Суправентрикулярная тахикардия



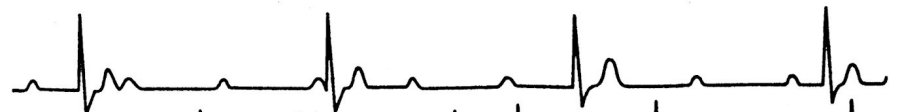
3. Атриовентрикулярная блокада I степени



4. Атриовентрикулярная блокада II степени (трепетание предсердий)



5. Атриовентрикулярная блокада III степени



6. Фибрилляция предсердий



7. Блокада ножки пучка Гиса



8. Желудочковая экстрасистола



9. Желудочковая тахикардия



10. Фибрилляция предсердий



1 мВ
1 с

Электрокардиограмма (II отведение) при наиболее часто встречающихся нарушениях ритма сердца.

Тоны сердца

1 тон - систолический;

- начало сокращения миокарда (шум волокон); низкочастотная составляющая;
- закрытие атриовентрикулярных клапанов - высокочастотная составляющая;
- открытие клапанов аорты и легочной артерии (конечная часть первого тона). По времени совпадает с зубцом S на ЭКГ.

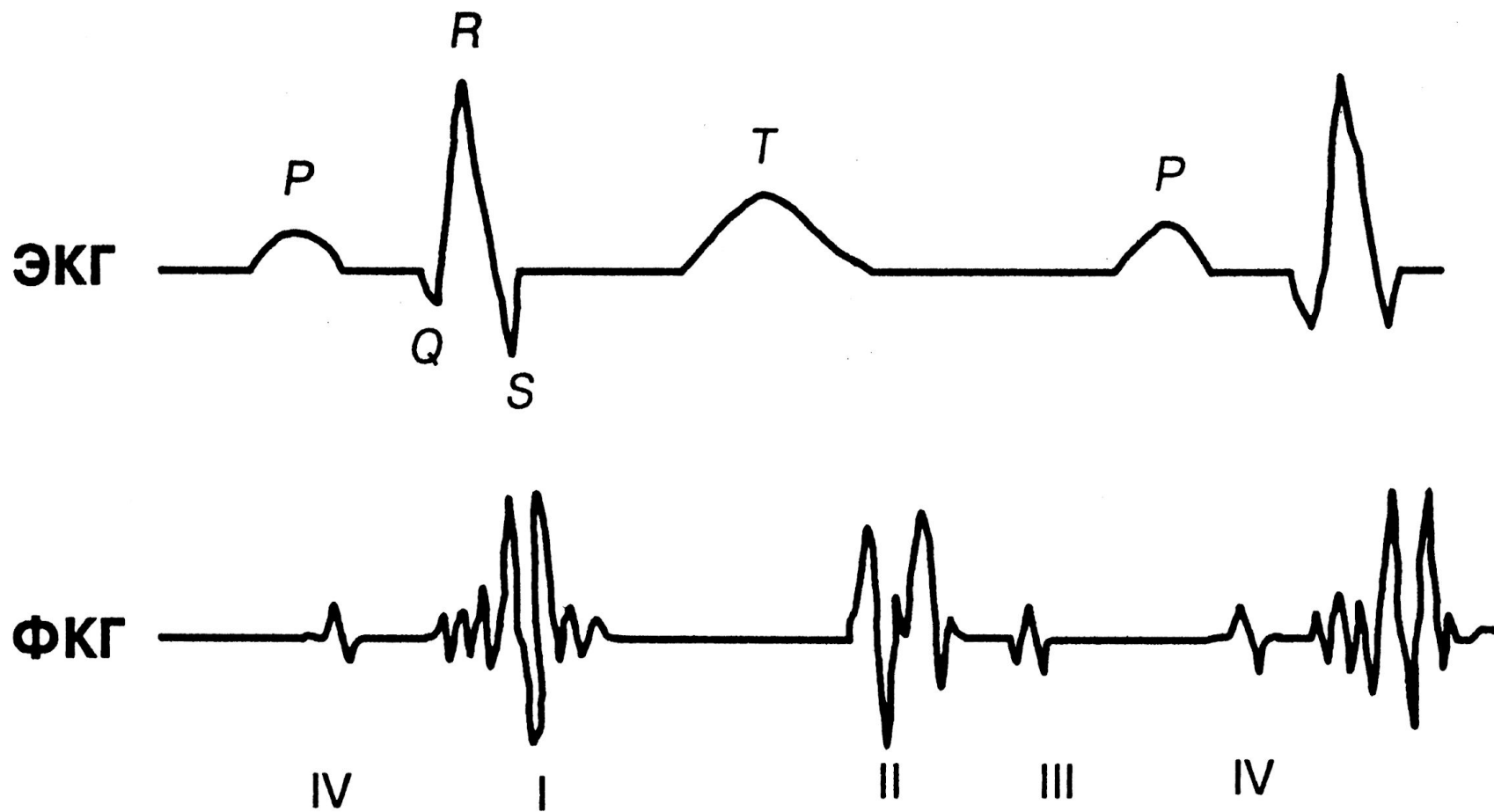
2 тон - диастолический - обусловлен закрытием полулунных клапанов; совпадает с окончанием зубца T на ЭКГ;

3 тон - у 50% и более здоровых 3 тон регистрируется в виде слабых низкочастотных колебаний, связанных с фазой быстрого наполнения желудочков;

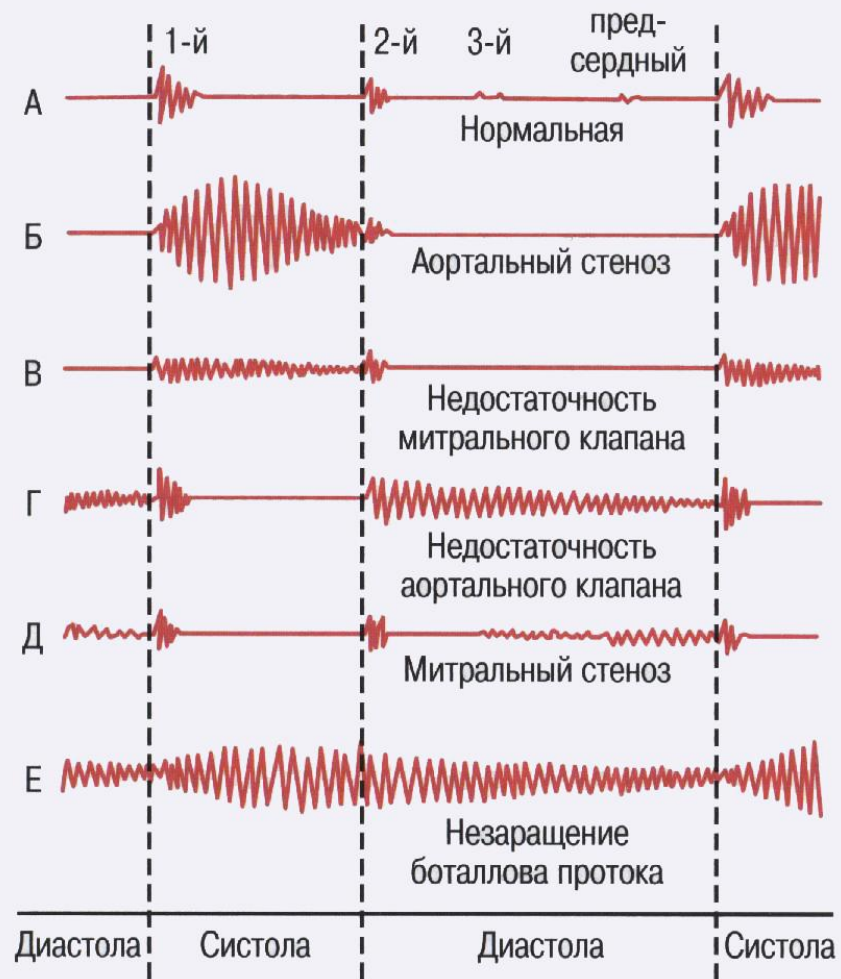
4 тон - систола предсердий;

2 компонента:

- а) возникает при сокращении миокарда предсердий;
- б) появляется в самом начале расслабления предсердий и падения давления в них;



Нормальная фонокардиограмма:
Римские цифры — тоны сердца; ЭКГ — синхронно регистрируемая электрокардиограмма



Фонокардиограммы здорового сердца и патологически измененного сердца

Регуляция сердечной деятельности

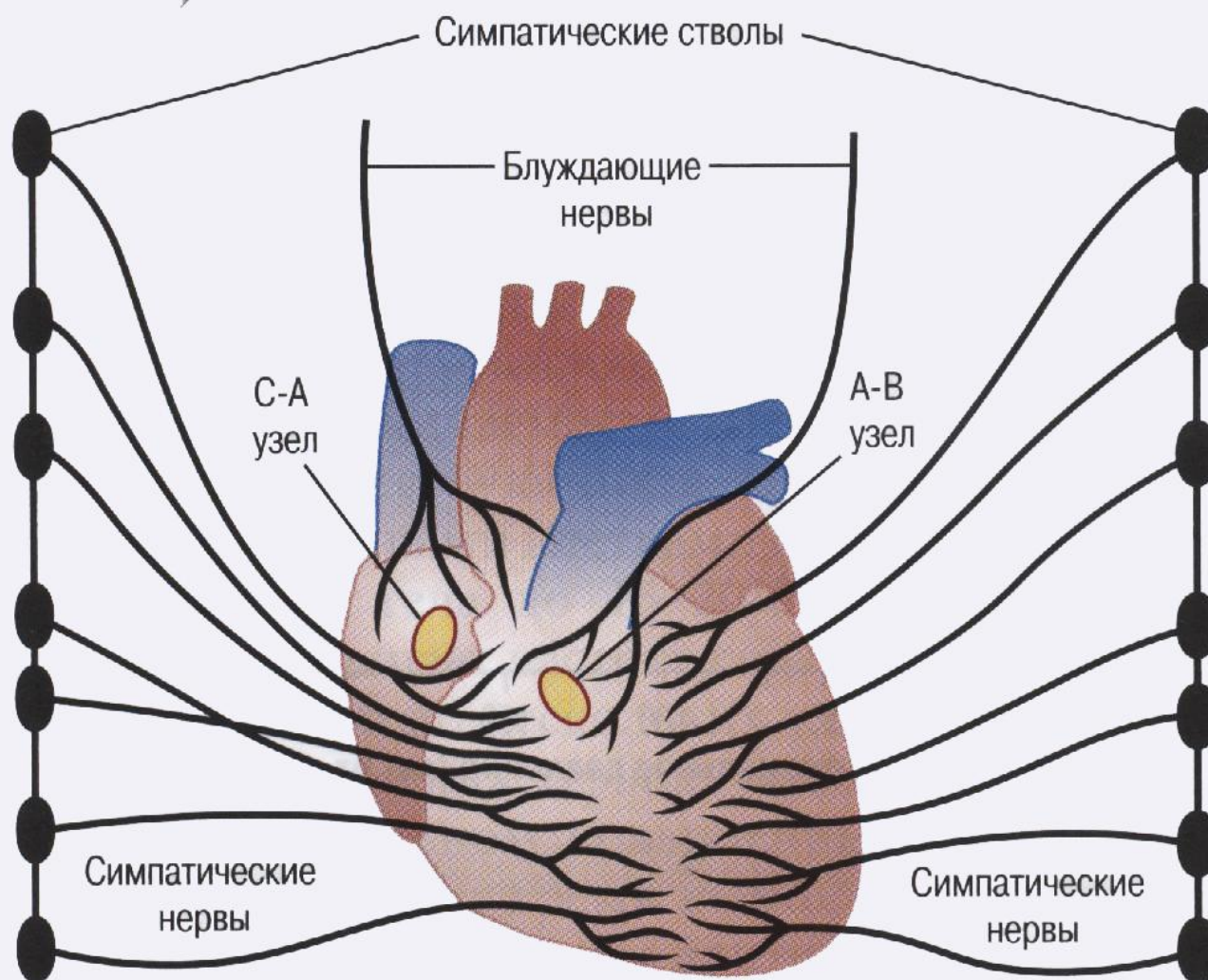
Хромотропное действие (хромотропия) - увеличение или уменьшение ЧСС;

Инотропное действие (инотропия) - увеличение или снижение силы сокращений;

Дромotropное действие (дромотропия) - увеличение или снижение скорости атриовентрикулярного проведения;

Батмотропное действие (батмотропия) - выражается в повышении или снижении порога раздражения кардиомиоцитов (эффект получен в лабораторных условиях при действии нейромедиаторов)

Тонотропное действие (тонотропия) – регулирует тонус и интенсивность обменных процессов.



Симпатические и парасимпатические нервы сердца (блуждающие нервы являются парасимпатическими)

Нервный (рефлекторный) механизм регуляции

- повышение активности *симпатического* отдела ВНС обуславливает возникновение положительных хроно-, ино-, батмо- и дромотропных эффектов;
- повышение активности *парасимпатического* отдела ВНС – отрицательные хроно-, ино-, батмо- и дромотропные эффекты.

Рефлекторная регуляция сердечной деятельности



Черниговский В.Н. (1907-1981)
Советский физиолог, академик.
Описал виды сосудистых
рефлексов, виды
интерорецепторов,

1. **собственные рефлексы** (вызываются раздражением рецепторов сердечно-сосудистой системы)
 - **барорецептивный рефлекс** (с барорецепторов магистральных артерий, аорты, каротидного синуса) ;
 - **хеморецептивный рефлекс** (с аортальных хеморецепторов);
 - **рефлекс Бейнбриджа** (с механорецепторов предсердий и полых вен);

Рефлекторная регуляция сердечной деятельности

2. сопряженные кардиальные рефлексy: сопутствующие эффекты раздражения рефлексогенных зон, не принимающих прямого участия в регуляции кровообращения

р. Гольтца;

р. Тома-Ру;

р. Данини-Ашнера;

3. неспецифические рефлекторные реакции - воспроизводятся в эксперименте или при патологии

(*триада Бецольда-Яриша* - брадикардия, гипотензия, апное при внутрикоронарном введении никотина, этилового спирта ...).

Гуморальная регуляция сердца

- **Катеоламины** (адреналин, норадреналин, дофамин) положительные хроно - и инотропные влияния на сердце;
- **тироксин, кортизол** - усиливают эффекты катехоламинов на сердце («пермиссивный эффект»);
- **глюкокортикоиды, минералокортикоиды, глюкагон, ангиотензин и вазопрессин** - положительный инотропный эффект;
- **аденозин** – уменьшает пейсмекерную активность клеток синоатриального узла и снижает скорость проведения возбуждения в атриовентрикулярном узле и в проводящей системе сердца;

Гуморальная регуляция сердца

- **ацетилхолин** - угнетает проводимость в атриовентрикулярном узле;

- **ионы калия** (в норме 4,5 ммоль/л).

Небольшое повышение концентрации ионов К приводит к возрастанию возбудимости миокарда и скорости проведения возбуждения по проводящей системе сердца;

При увеличении К в плазме (около 8 ммоль/л) уменьшается возбудимость и проводимость миокарда, снижается скорость спонтанной диастолической деполяризации пейсмекеров синоатриального узла.

Возрастание концентрации ионов К свыше 10 ммоль/л приводит к асистолии т.е. остановке сердца в диастоле;

- **ионы Са** - повышение концентрации ионов кальция приводит к повышению возбудимости и сократимости миокарда.

Миогенные механизмы регуляции

Гетерометрический механизм регуляции

закон Франка-Старлинга (закон сердца) - сила сокращений желудочков сердца прямо пропорциональна длине их мышечных волокон перед сокращением.

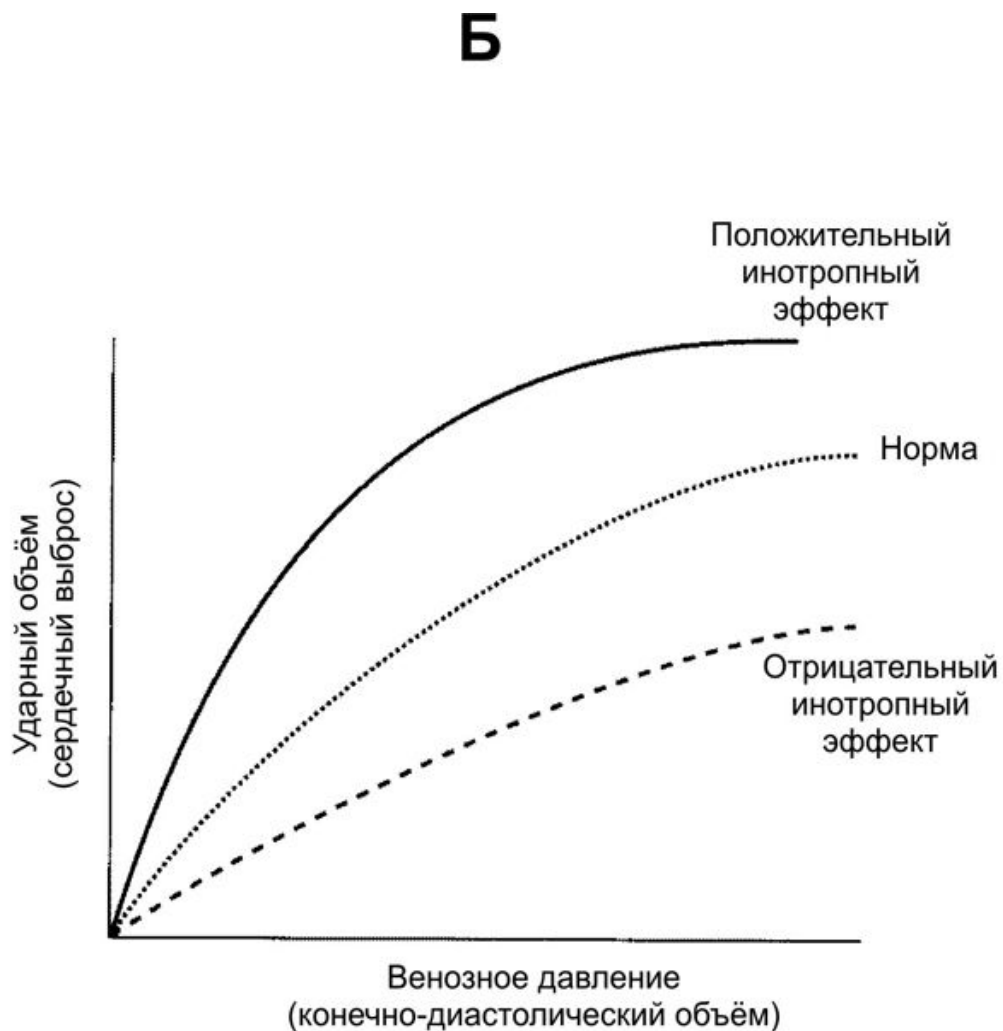
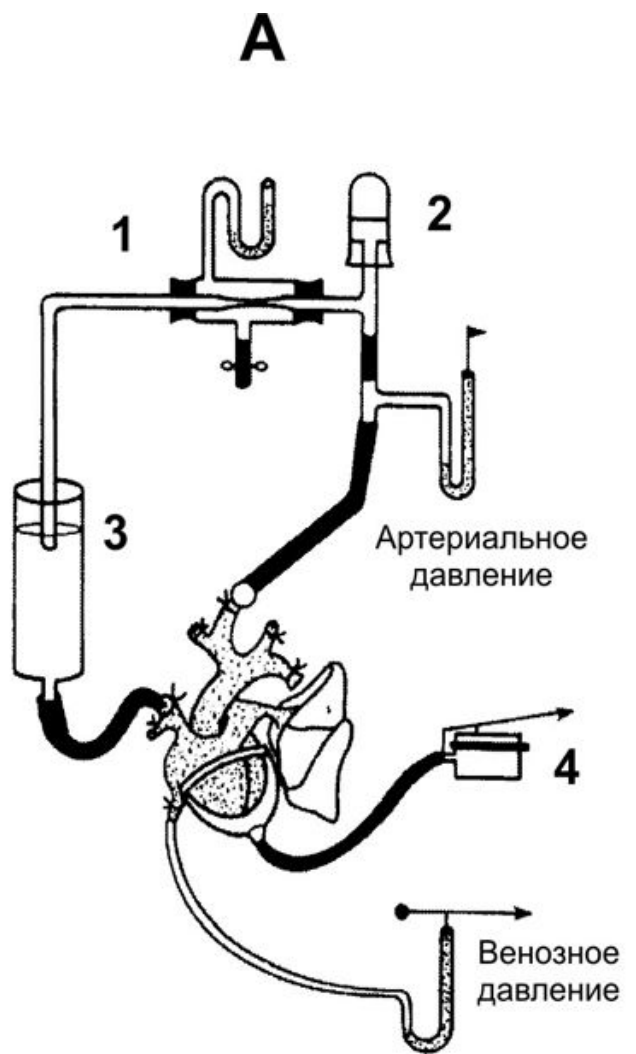
Физиологический смысл: приспособление сердца к преднагрузке (увеличение притока крови при физической работе, мобилизация крови из депо, горизонтальном положении тела и т.д.)

Миогенные механизмы регуляции

Гомеометрический механизм регуляции

эффект Анрена - повышение давления в аорте сначала вызывает уменьшение CO и увеличение остаточного конечно-диастолического объема крови, вслед за этим происходит увеличение силы сокращений сердца и сердечный выброс устанавливается на новом уровне силы сокращений.

Физиологический смысл: приспособление сердца к постнагрузке – нагрузке «давлением»



МЕХАНИЗМ ФРАНКА-СТАРЛИНГА А. Схема эксперимента (препарат «сердце-лёгкие»). 1 — контроль сопротивления, 2 — компрессионная камера, 3 — резервуар, 4 — объём желудочков. Б. Инотропный эффект.

Факторы, изменяющие ритм сердца

Влияния, учащающие ритм сердца

Уменьшение активности барорецепторов в артериях, левом желудочке и лёгочной артерии

Увеличение активности рецепторов растяжения предсердий

Вдох

Эмоциональное возбуждение

Болевые раздражения

Мышечная нагрузка

Норадреналин

Адреналин

Гормоны щитовидной железы

Лихорадка

Рефлекс Бейнбриджа

Ярость

Влияния, замедляющие ритм сердца

Увеличение активности барорецепторов в артериях, левом желудочке и лёгочной артерии

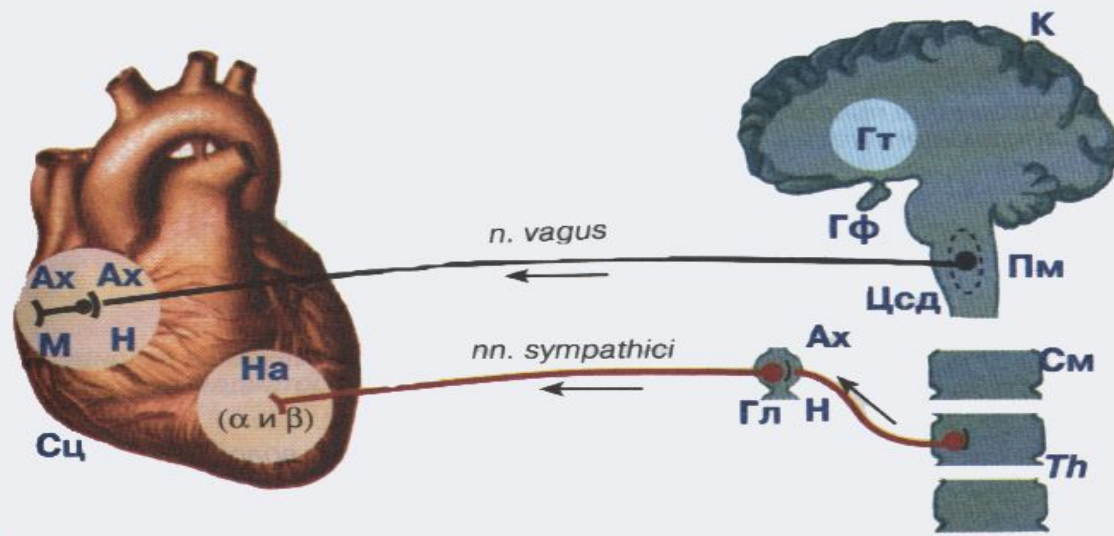
Выдох

Раздражение болевых волокон тройничного нерва

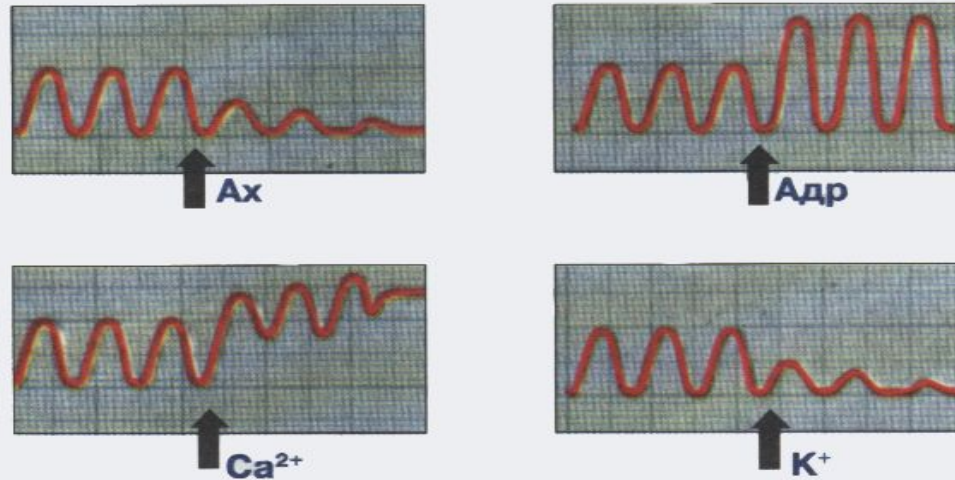
Увеличение внутричерепного давления

Эндокринная функция сердца

- ***натрийуретический фактор предсердия (ANF)*** - синтезируется клетками предсердий, а также легкими и другими тканями;
- ***адреномедуллин*** - продуцируется в основном в желудочках сердца, гладкой мускулатурой сосудов и эндотелиальными клетками, в мозге, почках, легких и поджелудочной железе;
- ***белок, родственньй паратиреоидному гормону (БрПТГ)*** - секретируется в основном в предсердиях, а также гладкой мускулатурой всех исследованных органов, включая артерии;
- ***эндотелин -1 (ЭТ-1), эндотелин – 2 и эндотелин – 3 (ЭТ-2 и ЭТ-3)*** - образуется в эндотелии сосудов;

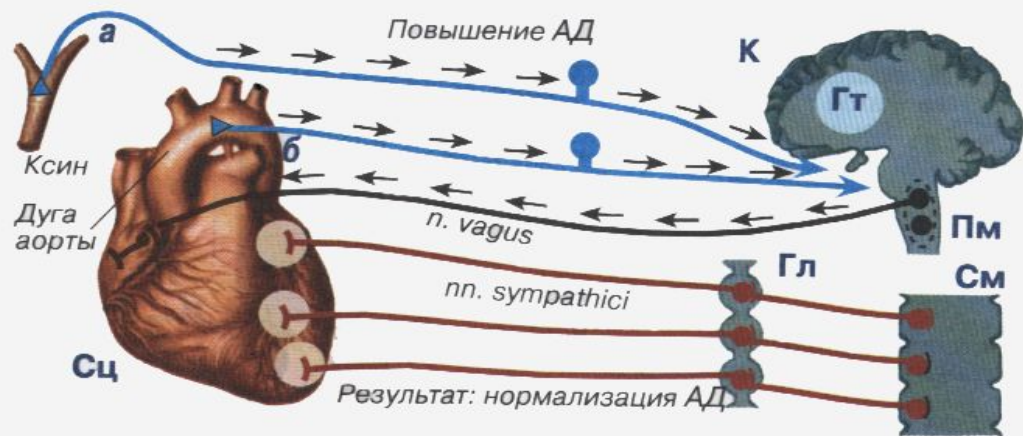


А

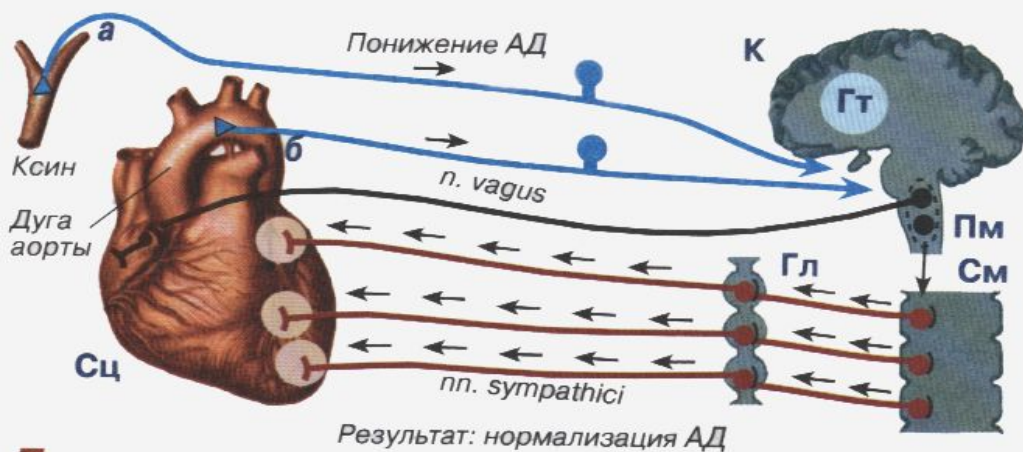


Б

- А. Нервно-гуморальная регуляция сердца (медиаторы).
 Б. Характер влияния избытка гуморальных факторов на деятельность сердца (стрелками показано начало раздражения)



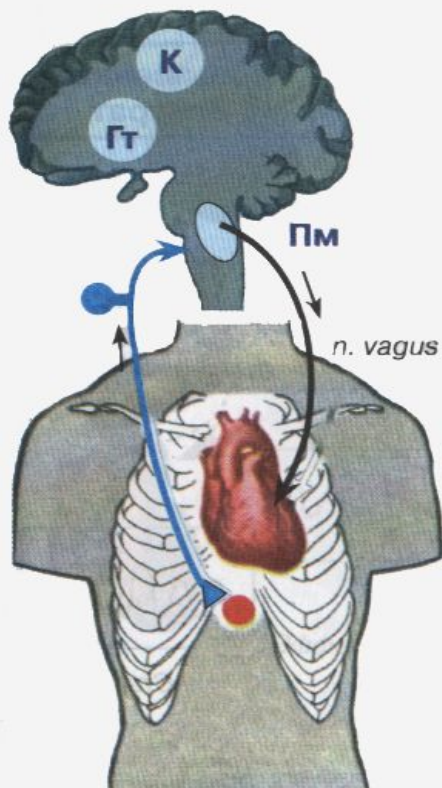
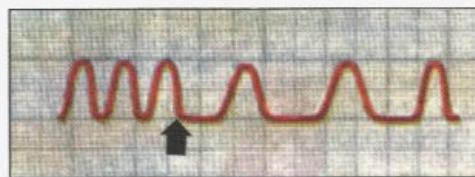
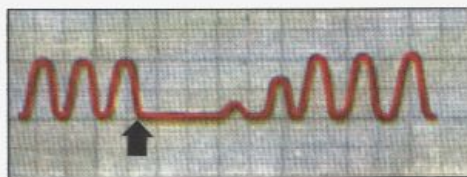
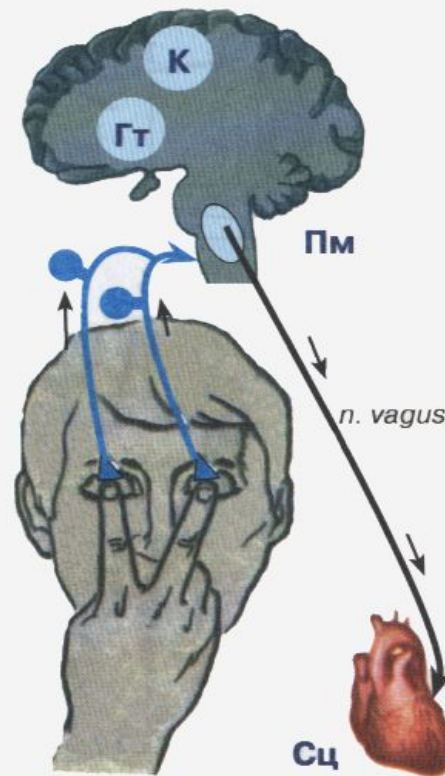
А



Б

Влияние рефлексогенных зон каротидного синуса и дуги аорты (отмечены треугольником) на сердечную деятельность.

- А. Действие на барорецепторы каротидного синуса и дуги аорты повышенного давления – рефлекторное торможение работы сердца.
- Б. При понижении давления – рефлекторная стимуляция сердца. Аfferентные нервы: а – ветвь IX пары, б – ветвь X пары (депрессорный нерв)

А**Б**

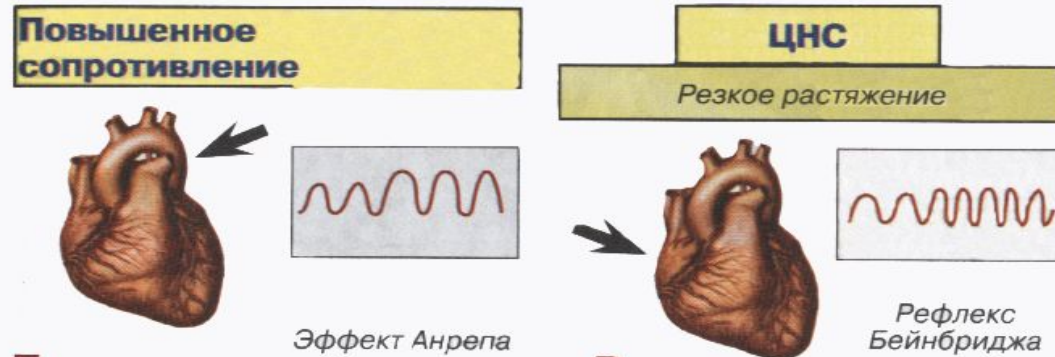
Рефлексы с интерорецепторов на сердце (вагальные) и их графическое отражение.

А. Рефлекс Гольца (раздражение — удар в эпигастральную область, реакция — рефлекторная остановка сердца).

Б. Рефлекс Данини — Ашнера (раздражение — давление на глазные яблоки, реакция — рефлекторное замедление сердечных сокращений)



А



Б

В



Г

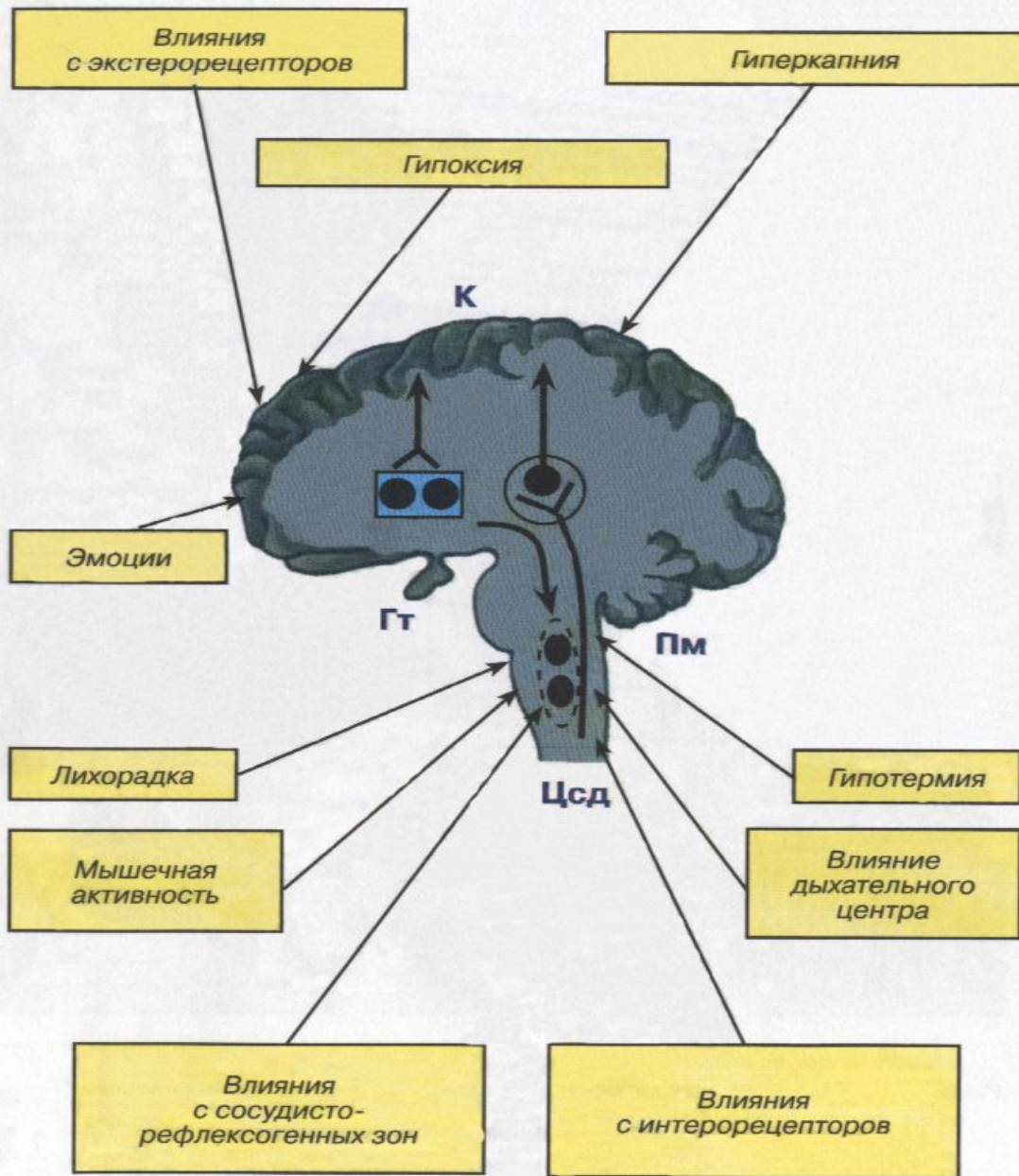
Некоторые механизмы регуляции кровообращения.

А. Влияние атриопептида.

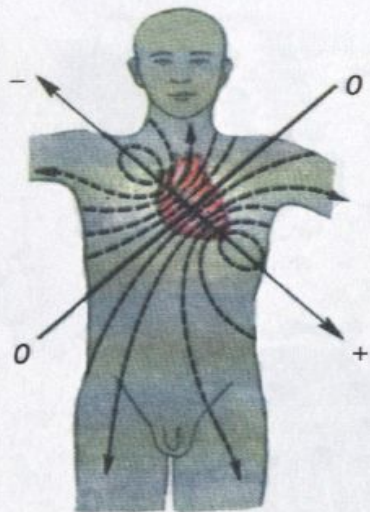
Б. Рефлекс с легочной артерии.

В. Рефлекс с правого предсердия.

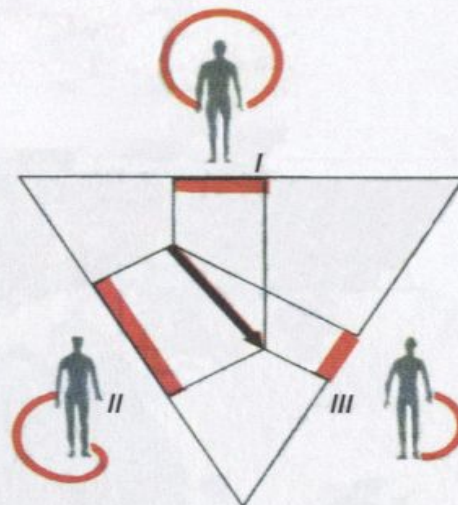
Г. Рефлекс с левого предсердия и легочной артерии



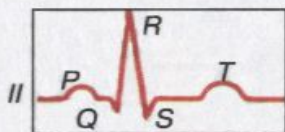
Различные влияния на центр сердечной деятельности, вызывающие приспособительные изменения его работы



А



Б



В

Г



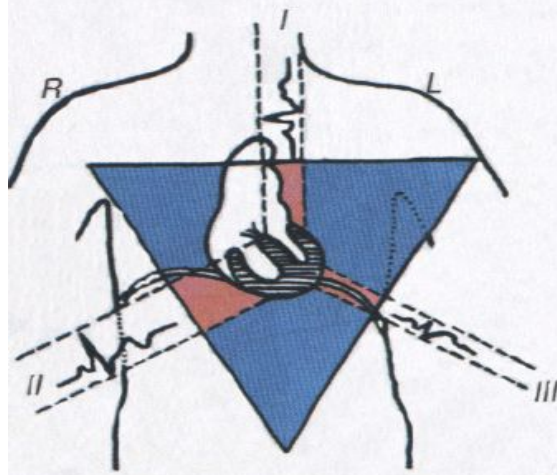
Электрокардиография (классические биполярные отведения).

А. Распространение по телу биотоков сердца.

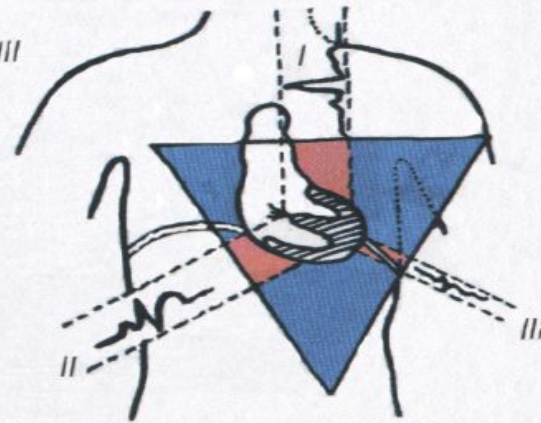
Б. Схема, поясняющая различную амплитуду зубца R ЭКГ (треугольник Эйнтховена) в трех стандартных отведениях (I, II, III).

В. Изменение ЭКГ в зависимости от расположения оси сердца.

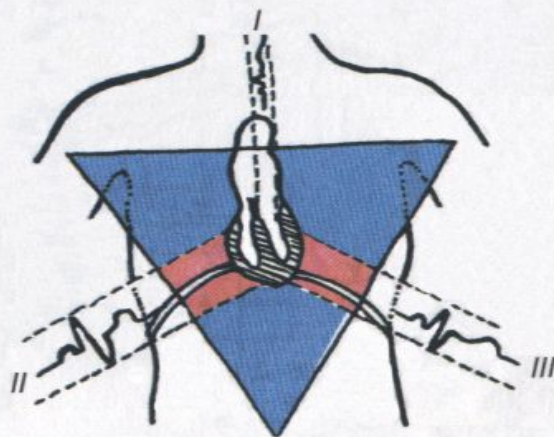
Г. Запись ЭКГ



A



Б



B

A. Соотношение между направлением электрической оси сердца и электрокардиограммой в стандартных отведениях (I, II, III) при нормальном положении сердца в грудной клетке.

Б. То же при горизонтальном (поперечном) положении.

В. То же при вертикальном (продольном) положении сердца в грудной клетке

